



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBAJO FINAL DE CARRERA

Titulo

**Estudio de alternativas para evitar la inundación de la Av. Palfuriana
(Sant Salvador) en su cruce con la riera de la Bisbal (Tarragona)
708-TRE-OP-5683**

Autor

CHRISTIAN A. TECHERA DEL PUERTO

Tutor

JOSEP SURIOL CASTELLVI

Departamento

ING. TERRENO, CARTOGRAFIA Y GEOFISICA

Data

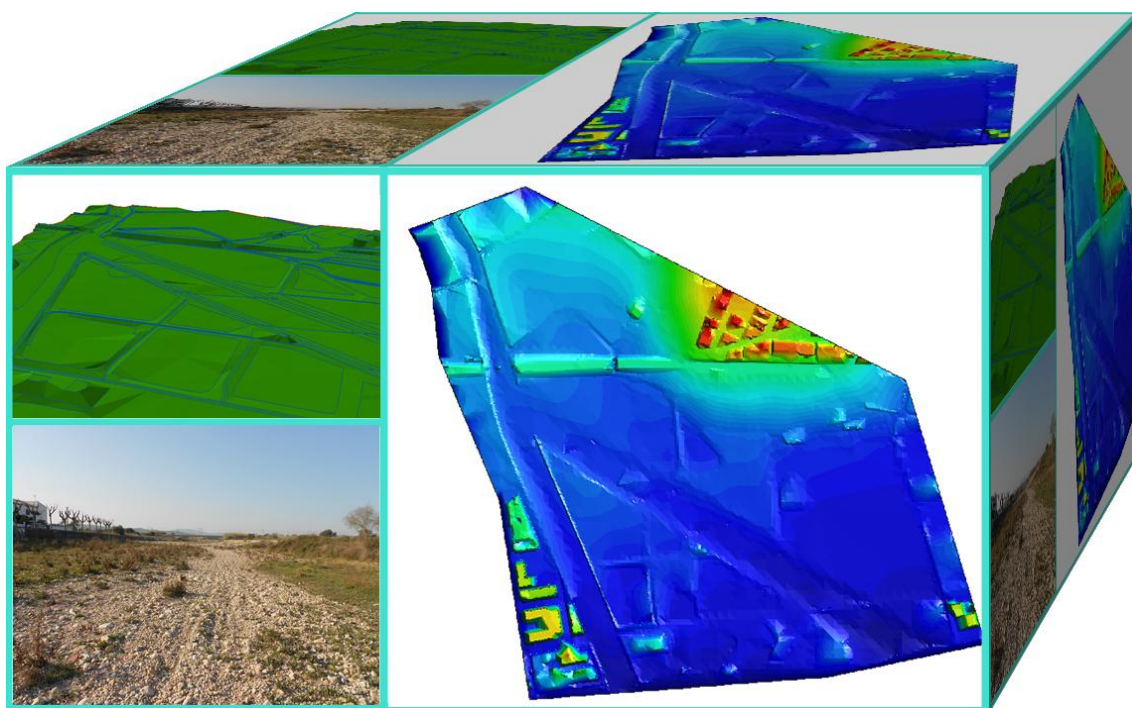
JUNIO 2012



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Estudio de alternativas para evitar la inundación de la Av. Palfuriana (Sant Salvador) en su cruce con la riera de la Bisbal (Tarragona)



Autor: Christian A. Techera del Puerto

Tutor: Josep Suriol Castellvi

Titulació: Ingeniería técnica de obras públicas

Código: 708-TRE-OP-5683

Data: Junio 2012

AGRADECIMIENTOS

Las personas que aparecen en la siguiente mención son las principales causas de que haya realizado este trabajo con esmero e ilusión, sin su aporte puntual ya sea técnico o afectivo, este trabajo no habría sido realizado.

En primer lugar me gustaría agradecer a mi pareja, Cyntia Lauz y a una persona que no ha nacido aún, mi futuro hijo/a, gracias a ellos todos mis esfuerzos se ven recompensados.

Agradezco todo el esfuerzo y los ánimos que me han dado mis padres, Juan Techera y Raquel del Puerto, por inculcarme que acabe todo lo que he comenzado, y apoyarme siempre en los malos momentos.

Agradezco a mis hermanos, Gerardo Álvarez y Mario Techera, por cuidarme y protegerme, facilitando el camino para cumplir mis metas.

Agradezco a Josep Suriol Castellvi por aceptar ser mi tutor, por ayudarme con ilusión, y valorar mi trabajo como original.

Agradecer a la empresa para la que trabajo, CPET SCCL, por darme la mejor experiencia laboral que he tenido hasta la fecha.

Quiero agradecer a todos mis amigos, que siempre me han dado y siguen dando apoyo en cualquier situación, esto es algo que no puedo expresar con palabras.

A todos muchísimas gracias.

CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS.....	17
3. METODOLOGIA.....	21
4. ANTECEDENTES.....	25
4.1 DESCRIPCION DE LA RIERA	27
4.2 CLIMATOLOGIA Y PLUVIOMETRIA	28
4.2.1 LITORAL SUR	29
4.3 DATOS Y PROBLEMAS HISTORICOS DE LA RIERA.....	30
5. ZONA DE ESTUDIO	41
5.1 DIVISION DE LA ZONA DE ESTUDIO	43
5.2 COEFICIENTE DE MANNING	44
5.3 ZONAS DE INUNDABILIDAD.....	46
6. ESTUDIO HIDRAULICO CON IBER	49
6.1 INTRODUCCIÓN	51
6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	51
6.3 ESTADO ACTUAL, PUNTO DE CONTROL	53
6.3.1 SIMULACION DE LA RIERA	53
6.3.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	56
6.4 PRIMERA ALTERNATIVA	59
6.4.1 SIMULACIÓN DE LA RIERA.	59
6.4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	60
6.4.3 CONCLUSIÓN PARCIAL	63
6.5 SEGUNDA ALTERNATIVA.....	64
6.5.1 SIMULACIÓN DE LA RIERA	64
6.5.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	65
6.5.3 CONCLUSIÓN PARCIAL	69
6.6 TERCERA ALTERNATIVA	70
6.6.1 SIMULACIÓN DE LA RIERA	70
6.6.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	71
6.6.3 CONCLUSIÓN PARCIAL	74

6.7	CUARTA ALTERNATIVA.....	75
6.7.1	SIMULACIÓN DE LA RIERA	75
6.7.2	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	76
6.7.3	CONCLUSIÓN PARCIAL	79
7.	CONCLUSION FINAL DEL TRABAJO	81
	TABLA COMPARATIVA.....	83
8.	ANEXOS	85
ANEXO 1	SESIÓN FOTOGRAFICA.....	87
ANEXO 2	DESCRIPCION DE PUNTOS	99
	BIBLOGRAFIA	103

RESUMEN

En el barrio marítimo de Sant Salvador se encuentra la riera la Bisbal, la cual intercepta con la Avenida Palfuriana ubicadas en el Litoral Sur. El clima de esta zona esta caracterizado por temperaturas suaves y precipitaciones muy irregulares a lo largo del año; en los periodos de lluvia intensa dicha riera transporta una elevada cantidad de agua, debido a las avenidas fluviales que combinada a las aguas comarcales de la zona, producen calados y velocidades de agua muy elevados. Anteriormente la desembocadura del agua seguía un cauce natural; en la actualidad dicho cauce fue anulado y sustituido para que la riera tenga un tramo final recto, sin tener en cuenta el impacto que ocasiona actualmente. La riera no tiene la capacidad para soportar esta avenida de agua, por esto se producen inundaciones que dificultan el paso de peatones y vehículos por la misma, dicho problema es la causa de este estudio.

La finalidad de este estudio es exponer diferentes soluciones a dicho inconveniente las cuales sustituyan a la construcción de un puente. La información base para realizarlo ha sido extraída del ICC (Instituto cartográfico Catalán).

También se ha realizado una visita in situ de la zona de estudio para verificar parámetros geométricos de la riera, tales como el coeficiente de manning o estructuras que dificulten el paso del agua.

Utilizándose el programa Gid-Iber, se puede simular el comportamiento que tendrá la riera si se cambiaran algunas variables. Para cambiar las cotas del terreno se ha utilizado el programa ArcMap, al obtener las cotas deseadas se realiza una red irregular de triángulos (TIN), se exporta el TIN a un RASTER (consta de una matriz de píxeles organizadas en filas y columnas, en la que cada celda contiene un valor que representa información) y posteriormente el RASTER se exporta al formato ASCII (formato de texto que contiene la información del RASTER), con el archivo ASCII se puede realizar la simulación en Gid-Iber.

Se realizan cinco simulaciones con el programa Gid-Iber.

La simulación inicial es la que se corresponde con el estado actual de la riera, en esta simulación se analiza un punto de coordenadas $X=378209$, $Y=4560274$ sobre la carretera, el resultado de ese análisis es el de control. En las simulaciones restantes se busca que haya una disminución del calado y velocidad de agua, para comprobar esa disminución se analiza el mismo punto $X=378209$, $Y=4560274$ y se compara con los resultados de control.

La primera alternativa que se propone es acondicionar el cauce natural, es decir, realizar la simulación cambiando el coeficiente de manning en dicho cauce.

La segunda alternativa que se propone es redimensionar el cauce natural, esto facilitara el acceso de agua cumpliendo la función de desagüe. Se debe tener en cuenta que el cauce natural no genere un nuevo problema en otro punto de la carretera.

La tercera alternativa que se propone es instalar una zanja bajo la carretera, esto aumenta la sección de la riera en la zona afectada y reduce el calado de agua.

La cuarta alternativa es una combinación de la segunda y tercera alternativa, aplicando el desagüe y aumentando la sección en la zona afectada.

Luego de terminado el estudio se analizan los resultados comparando las conclusiones.

ABSTRACT

La Bisbal is located on the maritime district of Sant Salvador, which intersects with Palfuriana Avenue located on the South Coast. Mild temperatures and irregular rainfall characterize the climate throughout the year. During periods of heavy rain the stream carries a high amount of water due to river floods, which produce drafts and increase the streamflow. In earlier times the stream mouth was a natural, at the present the stream course was replaced in order to have a straight final stretch. The environmental impact was not taken into account. The stream cannot support a high volume of water, and then a flooding occurs. The sidewalk and the road are blocked because of the stream flood. This flood problem is the subject of this study.

The purpose of this study is to present different solutions to this problem, which replace the construction of a bridge. The information for this study case was taken from the ICC (Cartographic Institute Catalan).

I have also visited the study area to verify geometric parameters of the stream, such as the coefficient of Manning or structures that block the flow.

Using the program Gid-Iber, you can simulate the behavior of the stream changing some variables. It has been used ArcMap to change the dimension of the land, and when you get the precise dimensions you can make an irregular network of triangles (TIN). Then, TIN is exported to a RASTER (it consists of an array of pixels arranged in rows and columns, where each cell contains a value that represents information). Subsequently RASTER is exported to ASCII format (text format containing RASTER information). You can simulate in Gid-Iber using the ASCII file.

Five simulations are performed with the Gid-Iber program.

The initial simulation corresponds to the current state of the stream. In this simulation discusses a point with coordinates $X = 378209$, $Y = 4560274$ on the road. The result of this analysis is the control. The remaining simulation tries to reduce the depth and reduced the streamflow. To verify that reduction it was analyzed the same point $X = 378209$, $Y = 4560274$ and the results were compared to the control. The first alternative proposed is conditioning the natural channel, that means, changing the Manning ratio in that channel and simulate it.

The second suggested alternative is to resize the natural course, this would facilitate the access of water fulfilling the function of drain. It should be kept in mind that the natural course does not block the road and the sidewalk.

The third proposed alternative is to install a trench under the road, this increases the section of the stream in the affected area and reduces the depth of water.

The fourth alternative is a combination of the second and third alternative, using the drain and increasing the section in the affected area.

It was discussed the research findings after finished the study.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es un estudio que expone diferentes soluciones para poder evitar o minimizar las inundaciones producidas por la riera La Bisbal en su cruce con la avenida Palfuriana en Sant Salvador, perteneciente a la comarca del Baix Penedés.

El comienzo del estudio se centra en la recopilación de información de historia de la riera, para estar al tanto de la evolución de la misma. A través de dicha información se revelan las dificultades que ha tenido la riera; por lo que se plantean diferentes ideas para evitar nuevas dificultades. Para esto, se realiza un análisis hidráulico bidimensional, utilizando el programa Gid-Iber para interpretar el comportamiento de la riera modificando alguna de sus características actuales.

Pasos a seguir para el desarrollo del estudio:

- Recopilación de información sobre la zona afectada.
- Representar la zona afectada en 3D con la ayuda de AutoCad y ArcMap.
- Estudio hidráulico de la riera con Gid-Iber utilizando diferentes alternativas.
- Elegir la mejor opción de las presentadas y sacar las conclusiones.

Los siguientes puntos son los objetivos que se aspira lograr al finalizar el estudio.

- Encontrar una o varias soluciones viables al inconveniente que ocasiona la riera.
- Demostrar que la habilitación del cauce natural de la riera puede servir de desagüe y aliviar así los problemas ocasionados.
- Demostrar que se puede evitar la construcción de un puente.

3. METODOLOGIA

En este capítulo se describe un resumen de la metodología a seguir en el estudio.

- Búsqueda de datos históricos de la riera la Bisbal y su entorno.
- División de la zona de estudio, búsqueda de datos hidrológicos, así como la topografía y forma geométrica de la riera para conseguir una representación.
- Digitalización de la riera actual en el programa ArcMap y ArcScene.
- Exportar la digitalización de la riera actual para utilizarla en el programa Gid-Iber.
- Visita a la zona de estudio para verificar algunos parámetros, como el coeficiente de Manning.
- Simulación de los caudales transportados por la riera en régimen permanente utilizando el programa Iber. En la simulación se utilizarán los caudales establecidos por la Agencia Catalana del Agua, para crear la zonificación del espacio fluvial.
- Estudio de los resultados obtenidos de la simulación hidráulica del estado actual, planteamiento de actuaciones que puedan mejorar la situación actual.
- Simulación de las soluciones planteadas y exposición de las conclusiones.

4. ANTECEDENTES

4.1 DESCRIPCION DE LA RIERA

La riera de La Bisbal es el principal componente de una cuenca que discurre por varios de los municipios del Baix Penedés, recogiendo sus aguas por ramales, tales como el torrente Llàntia o el torrente de Mal, entre otros.

La cuenca receptora tiene una superficie de 186 Km² y una longitud de 13 Km. La riera recoge la mayor parte de las aguas comarcales de la zona.

Finaliza su recorrido en la playa de Sant Salvador desembocando sus aguas en el mar, antes de llegar a su desembocadura la riera cruza la avenida Palfuriana.

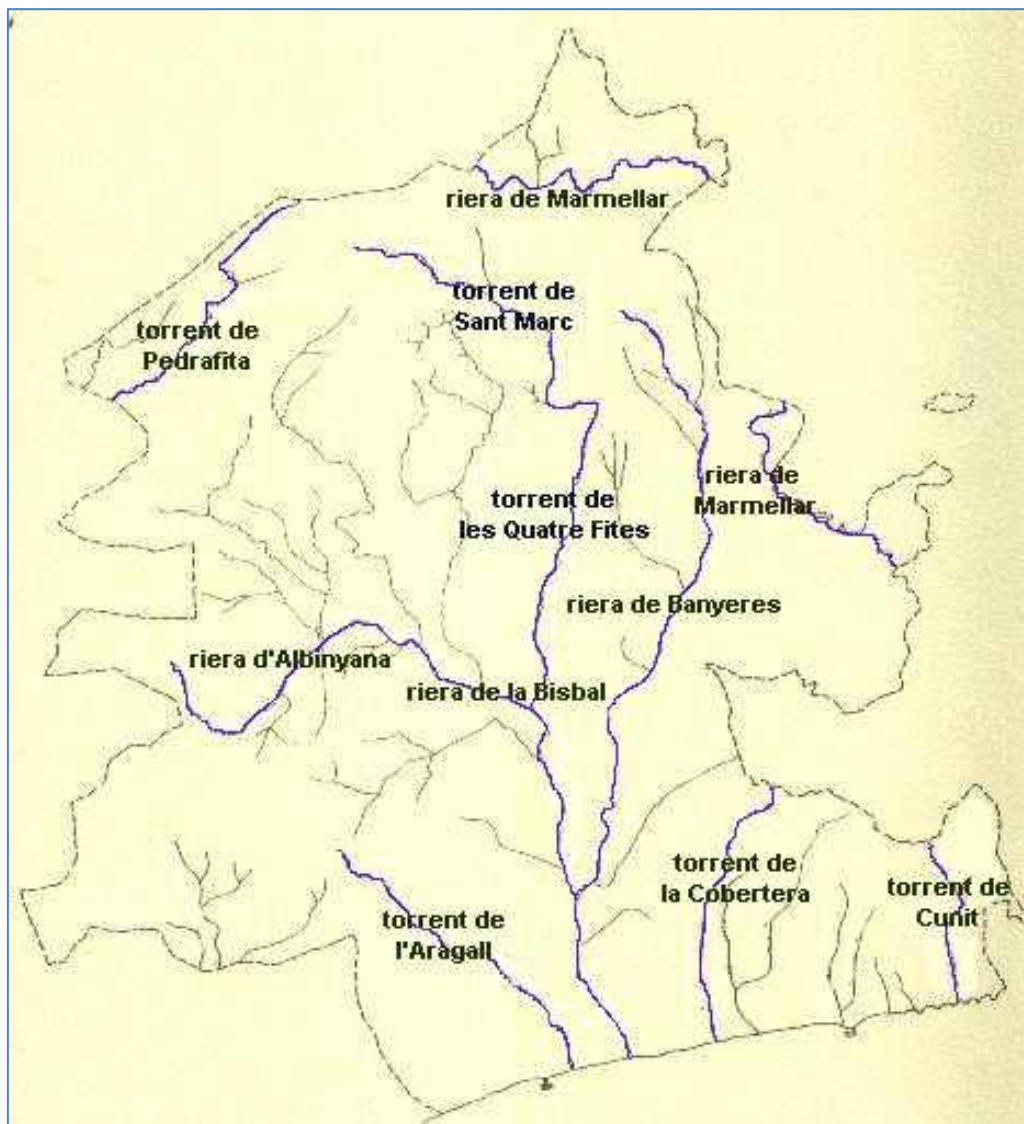


Figura 1. Diagrama de la cuenca en la que se encuentra la riera La bisbal
(<http://www.xtec.cat/~canguera/bpenedes/hidrografia.htm>, Junio 2012)

4.2 CLIMATOLOGIA Y PLUVIOMETRIA

La situación latitudinal de Cataluña fomenta la aparición de una gran variedad de climas, al estar ubicada entre dos zonas climáticas como la templada y la tropical, entre dos mares y la enorme variedad geográfica, hace de Cataluña una zona con un abanico de climas y con una gran complejidad meteorológica.

Pocas zonas con una superficie similar a la de Cataluña tienen la misma o superior diversidad climatológica.

Dicha diversidad varía por dos grupos de factores; la situación geográfica y la dinámica atmosférica.

Los parámetros o factores que definen cada zona son los siguientes:

PMA = Precipitación media anual

RPE = Régimen pluviométrico estacional

TMA = Temperatura media anual

AAMT = Amplitud anual media de la temperatura (diferencia entre temperatura media del mes más cálido con la temperatura media del mes más frío)

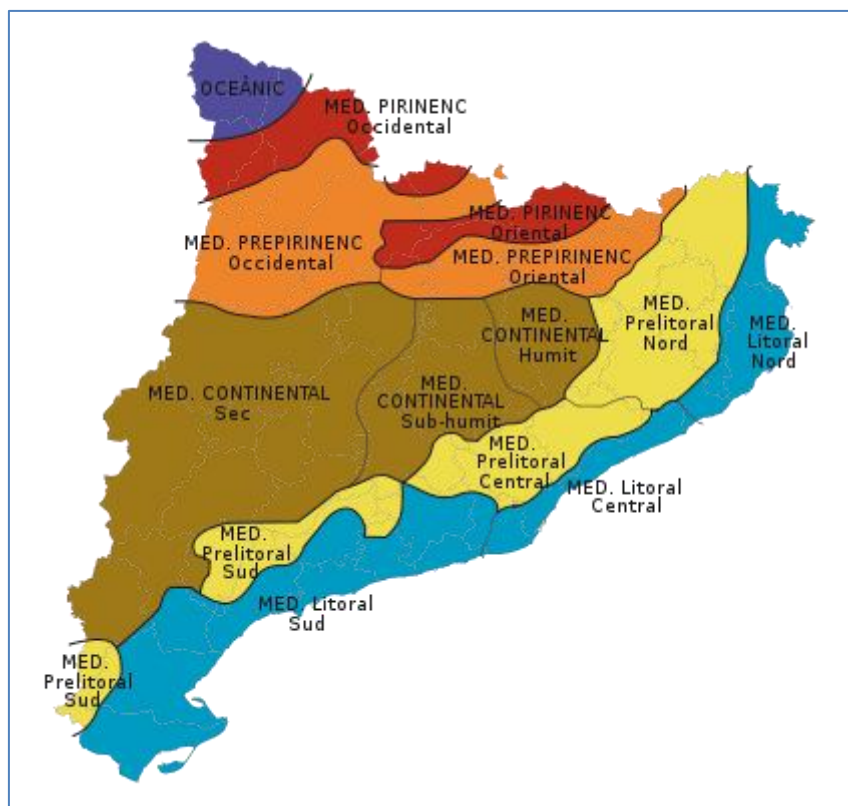


Figura 2. División climática de Cataluña

(http://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Mapa_climatic_de_Catalunya.svg, Marzo 2012)

4.2.1 LITORAL SUR

Tal como vimos anteriormente el clima se divide en diferentes zonas, la zona de nuestro estudio es el litoral sur, el clima que presenta el litoral sur tiene como principal característica la suavidad del invierno ya que deben pasar muchos años para que haya temperaturas similares a 0º.

La precipitación media anual está entre los 550 mm y los 650 mm. El máximo de lluvia aparece en otoño con peligro de inundaciones.

Los parámetros que pueden definir esta zona son los siguientes:

PMA = 550 mm a 650 mm

RPE = Máximos en otoño. Mínimos en invierno y verano.

TMA = 15,5 a 16,75 º C

AAMT = 14 º C

Las lluvias aparecen de manera muy irregular, debido a esto por la riera La bisbal no pasa agua de forma continua, convirtiéndola en una riera con régimen torrencial (seco durante gran parte del tiempo y con crecidas violentas y destructoras en ciertos momentos).

Las precipitaciones se manifiestan en grandes temporales que forman caudales de agua muy grandes para ser transportados por la riera, los cuales afectan de manera desorbitada a los peatones y vehículos en la intersección con la avenida Palfuriana.

Datos obtenidos en página del Servicio Meteorológico de Catalunya, en www.gencat.com

4.3 DATOS Y PROBLEMAS HISTORICOS DE LA RIERA

Como se ha indicado en el apartado anterior, la zona de estudio presenta una climatología muy variable que depende de la estación del año.

A finales de verano, principios de otoño es cuando aparecen lluvias fuertes que podría decirse que son tempestades, estas afectan de manera desorbitada a la capacidad de la riera. Estos episodios en ocasiones han provocado grandes daños en infraestructuras, vías de comunicación y mobiliario urbano.

Por estos daños la riera ha sido transformada a lo largo de la historia, los principales cambios fueron hechos por la mano humana.

Debo remarcar que el cauce actual de la riera no es su cauce natural, ya que sufrió un encausamiento.

En la siguiente imagen se puede ver el cauce actual de la riera y el cauce natural.

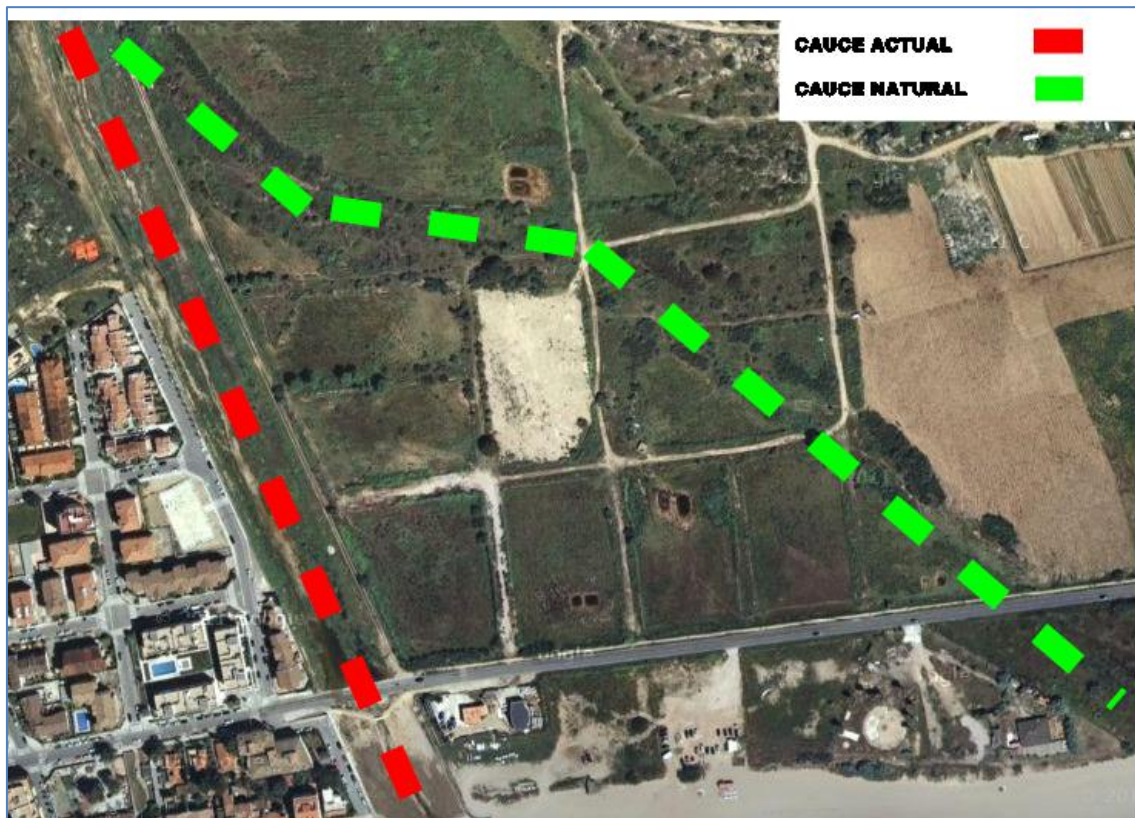


Figura 3. Cauce actual y natural de la riera la Bisbal (imagen extraída de Google Maps y editada en PhotoScape).

Seguidamente mostrare unos recortes de prensa conseguidos en la hemeroteca de la biblioteca municipal de El Vendrell también explicare brevemente algunos de los sucesos que provocaron la modificación de la riera. También expondré imágenes conseguidas en el Archivo Comarcal del Baix Penedés.

- Tempestad del 03 septiembre del 1893

La noticia aparece en el diario "El vendrellense" en septiembre del 1893, cuenta que aparece una tempestad muy grande. No se indican datos de ningún tipo pero en la siguiente imagen se describen algunos sucesos con detalle que demuestran la gravedad de este fenómeno.

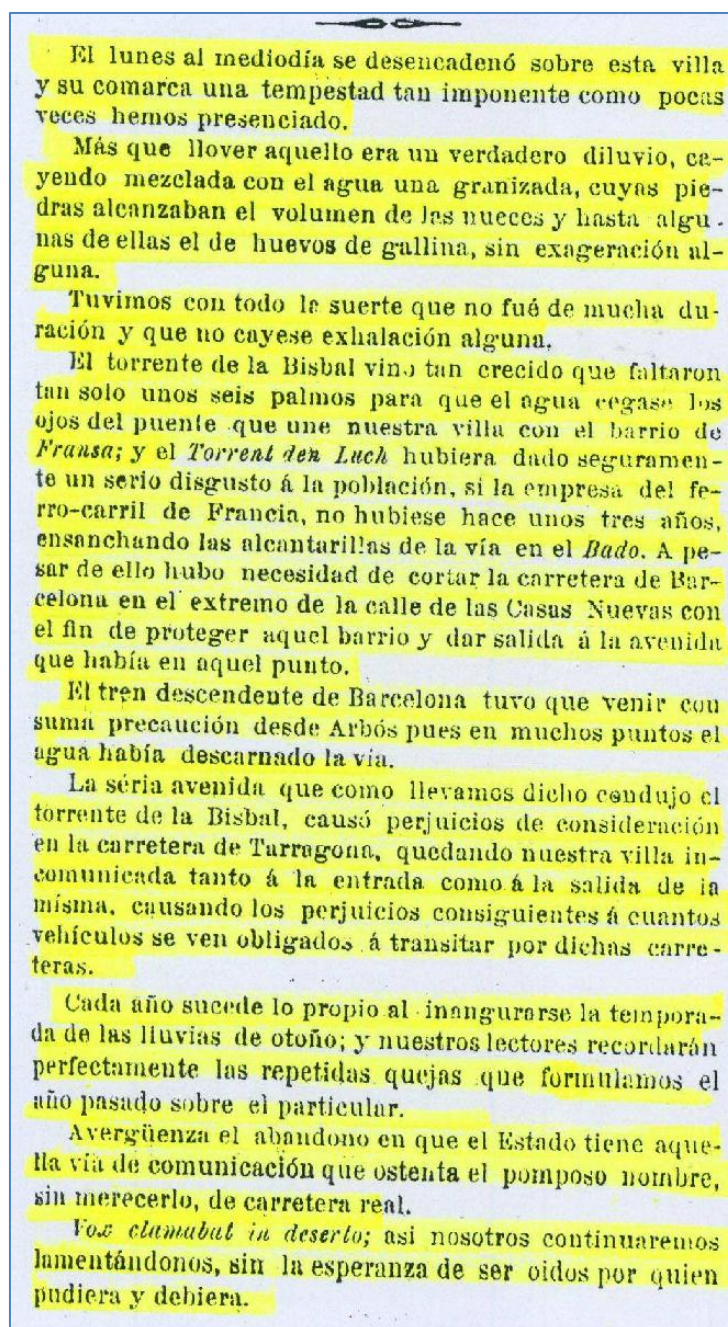


Figura 4. Noticia publicada por el diario "El Vendrellense" en 1893 sobre una tempestad.

- Tempestad del 29 de septiembre del 1913

La siguiente noticia es publicada por el diario Baix Penadés el día 4 de octubre de 1913 aunque la tempestad sucede el día 29 de septiembre, en ella se describen los hechos que produjo esta tempestad, seguramente haya sido la tempestad más fuerte que ha pasado por la zona, ya que ha destruido la agricultura de la zona, a la propiedad urbana y a las viviendas.

La gran inundació del dilluns

L'aiguat

Semblava que després de la tongada de pluges de dies arrera, seguides de la bonança del temps de la setmana passada, l'atmosfera ja estava satisfeta d'haver-nos obsequiat amb tanta aigua, però no era aixís, ens guardava un darrer obsequi del qual el Vendrell se'n recordarà per durant anys, i tindrà una altra efemèrida luctuosa que apuntar en el llibre de la seva història: la inundació del dia de Sant Miquel de l'any 1913.

El diumenge ja va ploure amb molta insistència durant tota la tarda, però a la nit va serenar-se, i al matí del dilluns, el temps va presentar-se esplèndid, net de núvols el cel, sense que ningú arribés a sospitar pogués venir, ni remotament, lo que va venir a la caiguda de la tarda. Quarts de set serien quan va començar a ploure amb forta virulència, amb acompanyament de vent, trons i llampecs que no paraven ni un moment, es dir, una veritable i forta màniga d'aigua, alguns moments barrejada amb pedra, convertint els carrers en rius i obligant a tancar les portes de les tendes i botigues.

Aquest fort aiguat, amb més o menys virulència no parà fins tocades les vuit, es dir, durà prop de dues hores. Si l'extensió del mateix no hagués traspasat gaire més enllà de la nostra vila, no hauria tingut altres conseqüències que les que solen produir aquesta mena de tamborinades; espallar carrers, goteres als alts de les cases i entrada de poca o molta aigua als baixos, en els carrers de baix nivell; però l'aiguat va estendre per bona part del Penadés baix, i d'aquí vingué

La inundació

Poc després d'haver parat la pluja, a quarts de nou, bramant enfutismades, baixaren, ja sortides de mare, les dues rieres que empenyien el casc de la nostra vila i's bifurquen a la seva sortida per la part de Tarragona, la de La Bisbal i la del torrent del Lluç. La primera es desbordà entrant, amb tot i l'alsada d'aquell lloc, al carrer de la Carniceria, inundant l'Escorxador i enderrocant la porta i parets del baluati o pati d'entrada del bestiar; poc més avall, en el pont que uneix la vila amb el barri de França, la riera arribà a cobrir per enter els tres anells dels ponts, entrant, per la banda de la vila, al carrer Major, fins prop la font de la plaça de can Galofre, inundant les primeres cases, i desaguant per carrer Nou, paral·lela a la riera. Per la banda del barri de França, entrà la corrent remontant-se fins el peu del carrer de les Roquetes, inundant, esbalandrànt la porta, el magatzem de vins de don Lluís Rigal. Dada la gran fondaria del torrent de la Bisbal, i senyalats els llocs on el nivell de l'aigua va arribar, un pot danar-se una idea del grandiosos caudal d'aigua que portava la riera.

La riera del torrent den Lluç, fou de molta major magnitud, i fou causa de la terrible inundació, per passar per la part nord de la vila i trobar-se alguns carrers de la mateixa a més baix nivell que l'alt de la riera; la qual, com en algunes indrets ni l'alt té, baixà ja camps a la travessa furienta, arrabassant marges i parets i tot quant trobava a son

pas, escampant la dessolació arreu, i hortes a la travessa, desbordant-se i desfent el mur de contenció de l'horta den Magre, ja no tingué aturader, i per la carretera de Barcelona, pel despoblat carrer de Colon i per la carretera de Valls, entre l'espai de l'hostal de cal Gestí i la fàbrica del senyor Aleu, entrà a la vila, i l'empenta que portava l'aigua que passava per dit espai era de tal força, que va enderrocar per enter una de les tres naus del gran edifici que ocupa el mencionat hostal, venint a baix habitacions i sales, no causant, per sort, cap desgracia personal, matant solsament un dels cavalls de l'Agència de transports Aixelà i Gestí, que's trova allí instal·lada; i continuant l'aigua la seva obra destructora, enderrocà la paret de l'hort de cal Riera, proper al celler del Sindicat Agrícola, i, buscant sortida, les empenqué contra les parets que tanquen els petits horts i corrals dels darreres de les modestes casinyoles del carrer de la Estrella, enderrocant totes aquelles febles parets, entrant a les cases, ofegant gallinam i conills, cabres i tóccins i fins animals majors, i inundant cups i cellers, tirant a pendre la cullita del vi pocs dies abans embotada per llurs propietaris, missers jornaleros tots, algunes de quines casinyoles n'hàn sortit mig enderrocades.

La corrent de l'aigua, a l'ensems, inundava, amb iguals efectes destructors, el carrer del Nord, i ajuntant-se l'aigua d'aquest carrer amb la del de la Estrella, al final del de Sant Magí, entrava a l'ampla via del Doctor Robert, inundada ja per la corrent que baixava del Vado per la carretera, alcançant en aquest carrer un nivell màxim de set a vuit pams i un mínim de quatre, segons els desagues que trobava; arribant a arrabassar, pujada amunt, fins davant la entrada de l'antic casal de cal Miquelot, i pel carrer de Jaume Ramon, fins davant del Tivoli, quin corredor d'entrada inundà, com també'l café de cal Esperanso, com havia inundat el café d'Espanya i's baixos i quadres de la fonda del Centre.

Tot aquesta imensa mola d'aigua, feia cap per diferents indrets i travessant pels baixos de les cases a la plaça de la Estació del ferro-carril, que quedà voltada d'aigua, i al passeig del 4 de Març, en el qual amb tot i's seus 25 metres d'amplada l'aigua pujà a un nivell de prop un metre. De dit passeig, la corrent se dirigí vers els voltants de la Plaça Mercat, que quedà completament inundada, i per entre's darreres del carrer de Mar, i la línia del ferro-carril, arrasant l'horta den Francisco Guitart i demés terres i hortes de darrera les cases del carrer de Mar, inundant algunes d'elles, i les rejolereries i forns d'obra allí establerts, anava a confondre altra volta amb la riera de la qual s'havia disgregat, en la confluència amb la de la Bisbal sota el pont de ferro de la via.

Heus aquí descrita, al correr de la ploma, el curs de les aigües en la seva ruta destructora per l'interior de la vila.

Efectes de la inundació

Els efectes produïts per la terrible inundació, han sigut grans i's perjudicis enormes, tant els cau-

sats a la agricultura com a la propietat urbana i als particulars. La xamosa i extensa partida de terreny dels voltants de la vila, coneguda per «Les Hortes», ha quedat completament arrasada; marges i parets enrunats; oliveres i arbres fruiters arrancats de soca a arrel; hortalisses i tota altra mena de plantacions desaparegudes, i en son llonc, muns de runa, broces, troncs i pedregals. Causa tristesa contemplar tant desastre i desolació en aquells terrenys que fa pocs dies eren encara l'encant i l'orgull de la nostra vila, i avui són un enderroc, un munt de runes!...

Dintre la vila, les perdudes són també de gran consideració i's efectes de la inundació desastrosos. Ja hem relatat l'enderroc de l'hostal de can Gestí, quina família, hostes i dependència se vege- ren amb grans treballs per a salvar-se i salvar els cavalls de les quadres, que pogueren treure, aigua fins al pit menys un, que morí com ja hem dit, esclafat per l'enderroc; perdent-se, a més, el moblatge i robes existents en les habitacions enrunades.

Les destroces en els carrers de la Estrella i del Nord, foren també molt importants i doblement sensibles, per tractar-se de pobres pajesos jornaleros, que han perdut la migrada cullita del vi, puix encara que'l tenien embotat, les botes se trobaven destapades pels efectes de la fermentació, i com l'aigua arribà dintre les cases, en general més baixes que la rasant del carrer, a un nivell de prop de dos metres, les botes, tretes dels setials, suraven i rodolaven a mercès del va-i-vé de les aigües, i d'aquí que'l vi es mesclés amb l'aigua o aquesta amb el vi, malmetent-lo. També perderen aquella pobre gent, a més, alguns, la seva casa, la viram, conills o cabres, animals majors, eines de treball, mobles i robes. Es dir, han quedat en misèria situació.

La casa a l'inglesa, voltada de jardí, propietat de la família Negre, existent a la entrada de la vila, cantonada al carrer de Colón, sofí també's efectes de la inundació enderrocant l'aigua gairebé tota la paret de la banda de dit carrer i tota la soclada, pilans i relxes de ferro del davant, arrasant jardí i horti i inundant els baixos de la casa.

Al carrer del Doctor Robert, els danys i les maleses foren també grans i d'importància. El nivell de l'aigua dintre les cases, varià fins a vuit i nou pams, segons el nivell de les mateixes i les contingències de la inundació. En el fielat de consums dels gremis, les batsegades d'un bocoi que arras- trava la corrent, feren obrir la porta entrant amb furia l'aigua, emportant-se varies caixes de sabó, bidons de petroli, mobles i altres efectes i perdent-se's llibres i la documentació.

Els cops del mateix bocoi, o de algun altre, puix a dotzenes, plens i buïts, eren els arrastrats per la corrent, esbalandrànt les portes del café del Comerç, precipitant-se l'aigua dintre'l local, amb tanta impetuositat, que fins el billar arribà a surar, i com el cafeter Anton Vidal té les habitacions particulars a peu plà, foren invadides també per l'aigua, tirant-li a perdre mobles, robes i tot lo demés de la casa. Ha sigut un dels més perjudicats.

A l'Agència Raurell, dintre les quadres, l'aigua alcançà un dels més als nivells, de tal manera que

Figura 5. Noticia publicada por el diario "Baix Penadés" en 1913 sobre una tempestad.

Aparte de la anterior noticia, se hizo un artículo en el que se describían los sucesos en el barrio de Sant Salvador únicamente.

la barriada de Sant Salvador

Precisa veur'ho per a fer-se'n un cabal judici de la magnitud de la destrossa que la inundació ha causat en una bona part d'aquell planall de xamoses vinyes, i en la bella barriada marítima de Sant Salvador. Es impossible fer-ne una descripció detallada de la destrossa; ne donarem sols una petita idea que bastará als que coneixen aquells llocs.

Com si s'hagués produït un fenomen geològic, desde lo que se'n diu segon torrent, es dir, desde'l lloc ont el camí travessa per segona vegada'l torrent, fins a la platja de Sant Salvador, pot dir-se, sense exageració, que la configuració del terreny ha canviat. La imponent rierada, juntes ja les dues que inundaren la vila, a l'esser en dit lloc, en compte de deixar més fondo'l llit del torrent, com és lo natural, l'ompliren deixant allí la runa, troncs, pedres i grava que arrastrava, aixecant-lo fins quasi al nivell de la pujada del camí.

Aleshores, la rierada va dividir-se, seguint una part son curs usual cap a la desembocadura de les Madrigueres i l'altra meitat, pel camí i vinyes a la travessa, les emprengué dreturera envers la barria-

da de Sant Salvador, sobre la qual rebotiren les aigües per la banda del darrera, en tota la seva extensió, enderrocant parets i tanques d'hort, entrant al mar pels baixos de les cases i pels passos d'entre les cases dels senyors Torres i den Salvador Vidal, den Rabentós i den Creus, i pels costats de la den Pau Casals. Dits passos han quedat convertits, desapareixent l'arenosa platja, en pedregosos torrents, als quals, ara, les aigües del mar hi tenen accés, havent convertit en fondos estanys, o fet reviure els que avans hi havia enfront de la Ermita i als darreres de casa Torres.

Els edificis que han sofert més són, les cases del senyor López Cerón i den Salvador Vidal, la primera quasi derruida del tot; la caseta de carabiners, que ben poc n'ha quedat en peu; les cases, o magatzems, de cala Llucia, avui propietat den Pau Casals, i la del senyor Eures, la primera derruida del tot; i desperfectes de més o menys consideració, n'han sofert el magatzem de casa Mascaró; la casa de la senyora Reventós, viuda de Romeu; la del senyor Torres, en les parets del jardí; la den Pau Casals, de la qual s'ha enderrocat la balustrada de la banda de ponent, i en algunes altres.

En lo que era bella barriada, avui s'hi veuen munts de runes, llacunes per tot, ries que'l mar invadeix... Tardará Sant Salvador a esser lo que era vuit dies arrera.

Respecte a com han quedat els terrenys compresos entre Sant Salvador i'l segon torrent, ja hem dit que era difícil de descriure. El camí en molts indrets, completament desaparegut, ni rastre d'ont passava; vinyes desaparegudes també convertides en torrent, i altres arrasades; centenars d'arbres arrancats geuen arreu; la conducció de l'aigua a la platja arrencada, trocejada; torrenteres ça i enllà!...

Un veritable desastre, veushoaquí!

I ara, per acabar, un el·logi, que se'ns ha demanat per diferents conductes, a la parella de carabiners veterans de la platja, que se'ns diu que, aigua fins a coll, i amb exposició de la vida, salvaren a algunes persones que, sense l'oportú augsili d'aquells, probablement haurien trobat la mort en la trágica nit del dia de Sant Miquel.

Figuras 6 y 7. Noticias publicada por el diario "Baix Penadés" en 1913 sobre los incidentes producidos por la tempestad de septiembre de 1913.

Las siguientes imágenes son extraídas del archivo Comarcal del Baix Penedés, la magnitud de los destrozos que hubo se ven claramente en las imágenes.



Figura 8. Foto que muestra la desembocadura de la riera después del temporal antes comentado. La fotografía tiene la fecha del 29 de septiembre de 1913.



Figura 9. La foto muestra la zona de Las Madrigueras después de que la tempestad destrozara parte del tablero por el cual pasaba el ferrocarril.

- Tempestad de octubre del 1955.

La tempestad ocasiona un desbordamiento de la riera de la Bisbal, esto afecta a las calles del barrio de Sant Salvador, destroza pavimento, muros de fincas, conducciones de agua de abastecimiento y saneamiento. Destroza campos de agricultura.

Como consecuencia de todo esto se reconstruirán varias partes del barrio de Sant Salvador.

La siguiente imagen muestra un informe de los daños ocasionados por el temporal.

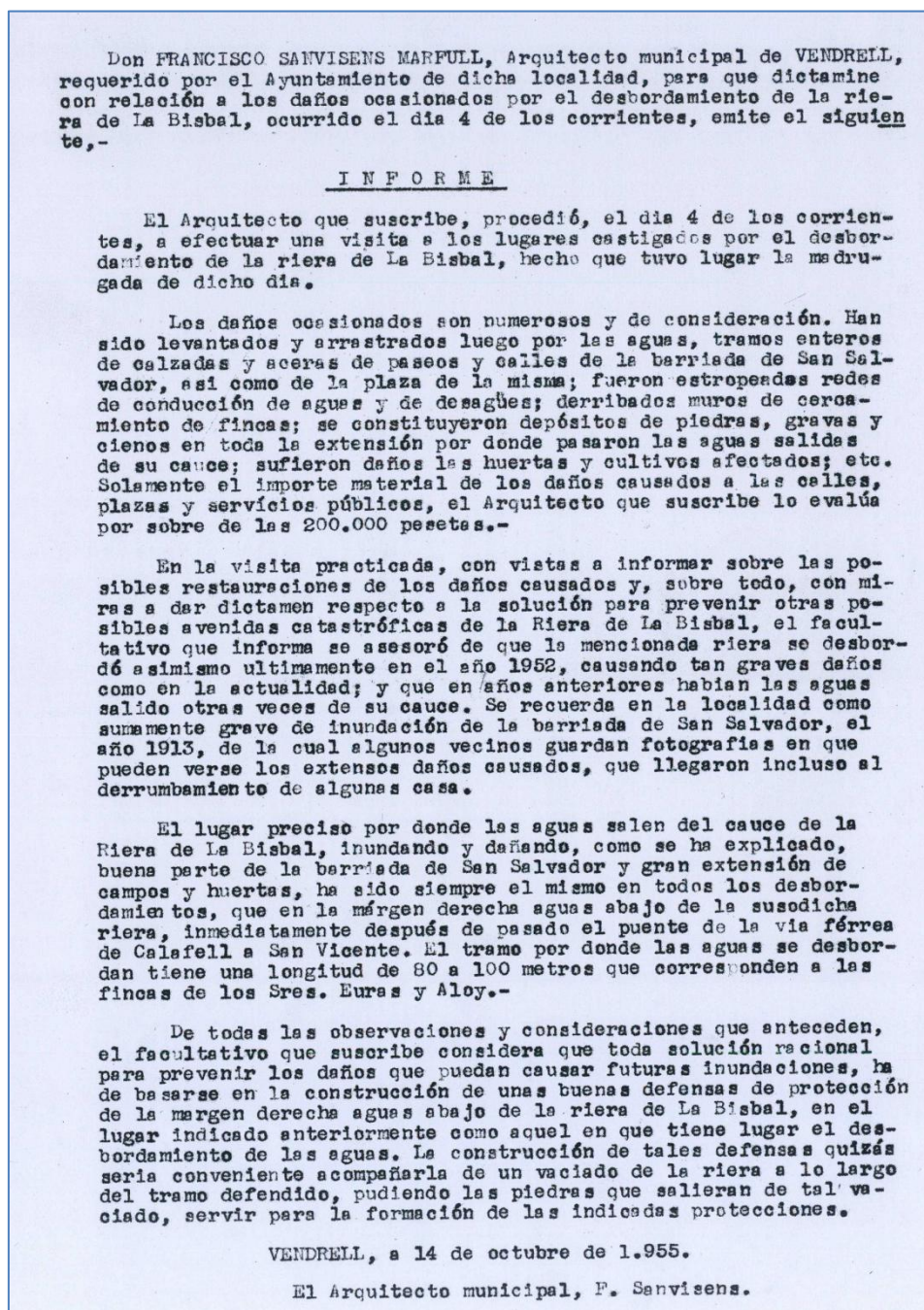


Figura 10. Informe de daños ocasionados por el temporal de octubre del 1955, redactado por el arquitecto municipal de El Vendrell.

- Nuevo desvío del tramo final de la riera la Bisbal en 1961.

En el 1961 se redacta un proyecto para estudiar la viabilidad de hacer un encausamiento manteniendo el cauce natural o desviarlo manteniendo recta la riera los últimos 600 metros, estos 600 metros son aproximadamente la distancia desde el mar hasta el puente de las vías de los ferrocarriles.

La opción elegida es la desviación de cauce, gracias a la comparación económica entre estas, sin tener en cuenta el impacto que esto podría generar.

En la siguiente imagen se puede ver parte de los documentos presentados para ese proyecto.

COMPARACION ECONOMICA DE LAS DOS SOLUCIONES POSIBLES					
<u>Manteniendo el cauce actual</u>			<u>Desviando el cauce</u>		
<u>Longitud: 866,50 m.</u>			<u>Longitud: 545,18 m.</u>		
Excavación:			Excavación:		
28.000,000 m3, a 39,42	1.103.760,00		37.357,102 m3, a 39,42	1.472.616,96	
Muros:			Muros:		
2.372,840 m3 hormigón en cimt. a 401,07	951.674,94		1.493,294 m3 hormigón en cimt. a 401,07	598.915,42	
2.135,900 m3 hormigón en alzada a 521,65	1.114.192,23		1.344,177 m3 hormigón en alzada a 521,65	701.189,93	
Rastrillos:			Rastrillos:		
96,000 m3 hormigón en cimt. a 401,07	38.502,72		96,000 m3 hormigón en cimt. a 401,07	38.502,72	
1.344,00 m3 fábrica de gaviones a 291,93	392.353,92		784,000 m3 fábrica de gaviones a 291,93	228.873,12	
Conservación:			Conservación:		
P. A.	15.000,00		P. A.	10.000,00	
Suma E.M.	3.615.483,81		Suma E.M.	3.050.098,15	

Figura 11. Comparación económica de las dos alternativas.



Como puede verse la solución de mantener la traza actual resulta un 18,5 por cien mas cara que la de desviarla.

Este resultado podría, sin embargo, quedar alterado al tener en cuenta el coste de la expropiación de los terrenos que ocupará el nuevo cauce pero a este respecto el Ayuntamiento de Vendrell, a quien corresponde aportar los terrenos, espera fundadamente obtener la cesión gratuita de éstos a cambio de su permuta por los de dominio público del actual cauce que se abandonarían y cuya cesión por el Estado logicamente conseguirá.

En resumen, consideramos bajo todos los puntos de vista mas favorable la solución de desviar la riera desde el puente del ferrocarril hasta el mar y así se ha proyectado.

1.4. - Justificación de la solución adoptada.

1.4.1. - Perfil longitudinal

Siguiendo el criterio de seguridad antes expuesto, hemos procurado en lo posible encajar en el terreno la sección necesaria del cauce. A este fin proyectamos un primer tramo de encauzamiento de 305,18 metros de longitud y pendiente de 0,010 en el cual el nuevo cauce va totalmente excavado en el terreno y un segundo tramo de 240,00 metros de longitud con pendiente de 0,0060 en el que la coronación de los muros de encauzamiento queda por término medio a un metro por encima del terreno (el nivel máximo del agua quedará a cincuenta centímetros sobre el terreno).

Sin embargo, dado el régimen torrencial y eminentemente discontinuo de la Riera de La Bisbal con la consiguiente e inevitable formación de barra en su desembocadura (a menos de proyectar en ella costosísimas obras totalmente desproporcionadas al carácter de este encauzamiento), se ha

Figura 12. Resolución obtenida de la comparación y una breve explicación de la opción elegida.

- Temporal de junio 2000

En este temporal se produjeron importantes daños, el más destacable es el destrozo de la avenida Palfuriana, dicha avenida intersecciona con la riera al mismo nivel, esto indujo el corte del tránsito por varios días, otro grave daño fue que los muros laterales de la riera cedieron.

El ejército español intervino para instalar dos pasarelas metálicas, restableciendo el pasaje de vehículos.

Unos meses después la avenida Palfuriana se arregla, al igual que a los muros laterales de la riera, por lo tanto las pasarelas fueron retiradas.

Las siguientes imágenes enseñan lo sucedido en el año 2000.



Figura 13. Imagen del 10 de junio del 2000, en ella podemos ver la magnitud de los daños.



Figura 14. Imagen que enseña como cedieron los muros laterales de la riera.

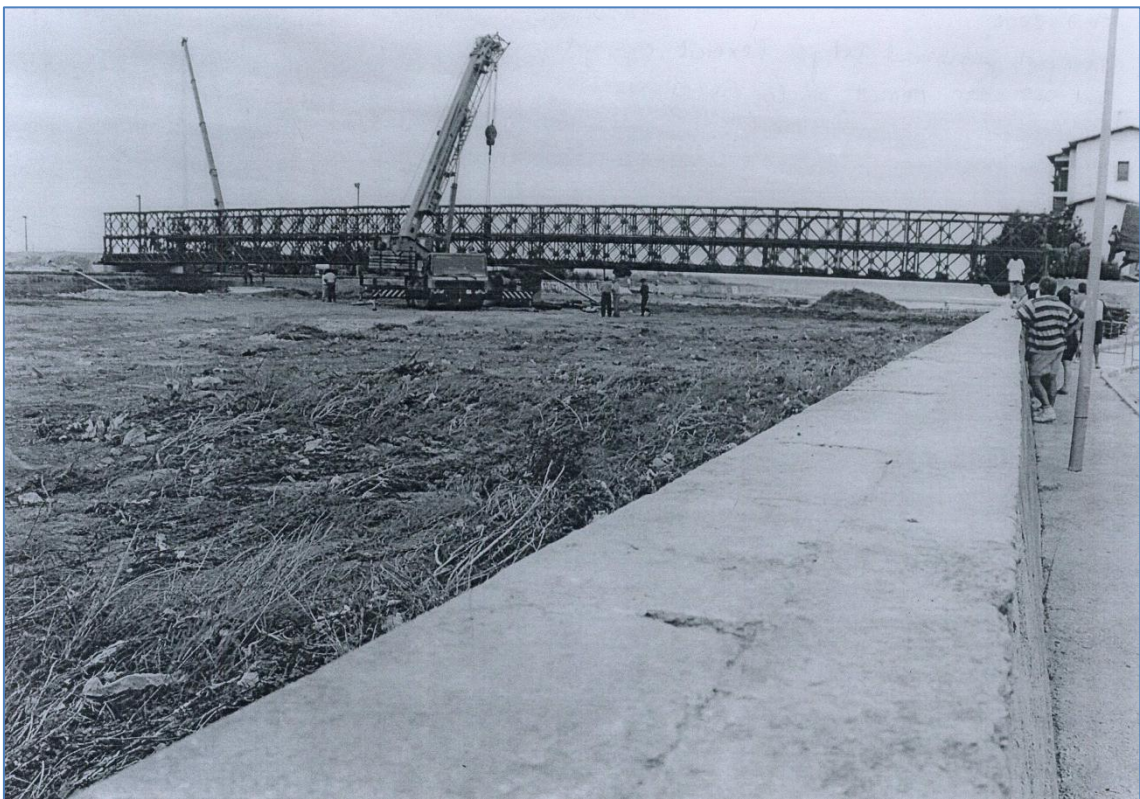


Figura 15. Imagen hecha el 9 de julio del 2000, en ella podemos ver la 1ª pasarela instalada por el ejército español.



Figura 16. Imagen hecha el 12 de julio del 2000, instalación de la 2ª pasarela mecánica.

5.1 DIVISION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ha dividido en 11 partes, que se pueden ver en la siguiente imagen, las zonas coinciden con la sesión fotográfica que se expone en el anexo 1 del trabajo, posteriormente se enseña un numero de manning para cada zona, para realizar la simulación en el programa Iber.



**Figura 17. Imagen que divide la zona de estudio en 11 partes, los puntos azules son los lugares donde fueron sacadas las fotografías del anexo 1.
(Imagen sacada de Google Maps y editada en PhotoScape)**

5.2 COEFICIENTE DE MANNING

El coeficiente de rugosidad de Manning varía según las zonas con diferentes características, las plantas y elementos que dificulten el flujo hacen variar este coeficiente.

Según las fotos del anexo 1, la división de zonas y la visita a la zona de estudio, se proporciona la información necesaria para dar los siguientes valores de manning en cada zona.

En la visita a la zona de estudio el material del eje de la riera que predominó en casi toda la longitud de estudio, era tierra con elementos de dimensiones medianas, sedimentos y arena. El valor dado al coeficiente de manning según Iber es de $n=0.025$.

Hay 2 zonas que la situación del suelo es muy diferente a las que mencione anteriormente (concretamente la zona 7 y 8), estas zonas tienen hormigón tanto en el eje principal como los lados inundables, el valor dado a estas zonas es de $n=0.018$.

Al finalizar el recorrido de la riera el suelo es desnudo, según Iber el coeficiente es de $n=0.023$.

Aparte de la riera tenemos los alrededores, esta la zona residencial del lado izquierdo de la riera y del lado derecho praderas, los valores que el programa recomienda son los siguientes:

En la zona residencial el valor de manning es $n=0.15$, mientras que en la zona praderas el valor de manning es $n=0.05$.

La siguiente tabla indica el coeficiente de manning de cada zona.

Coeficientes de manning según la zona en la riera.	
Zona	Coeficiente dado
1	0.025
2	0.025
3	0.025
4	0.025
5	0.025
6	0.025
7	0.018
8	0.018
9	0.025
10	0.025
11	0.023
PRADERAS	0.05
ZONA RESIDENCIAL	0.15

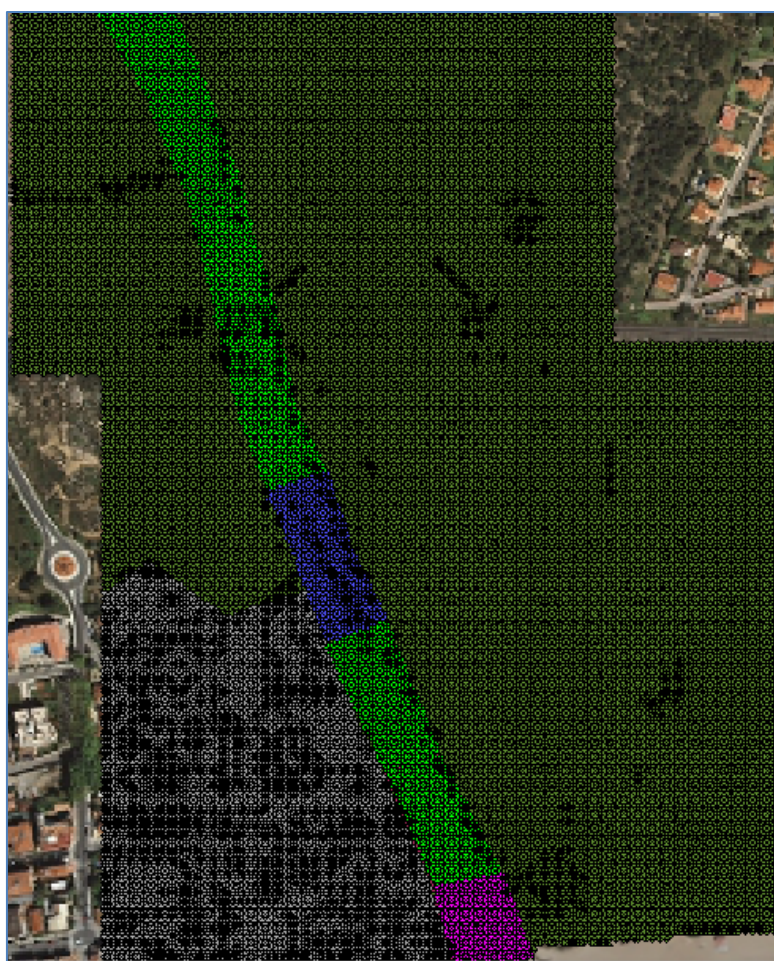


Figura 18. Imagen que muestra cada valor de manning dado, según la zona en el estudio.

5.3 ZONAS DE INUNDABILIDAD

Para realizar el estudio debemos utilizar ciertos caudales, los caudales que utilizare coinciden con los que nos recomienda el ACA para los estudios de inundabilidad con los cuales se determinan las zonas fluvial (ZF), sistema hídrico (SH) y zona inundable (ZI).

- Zona fluvial (ZF):

La zona fluvial es la que se delimita con las inundaciones producidas por un caudal con un periodo de retorno de 10 años (Q_{10}), incluye los cauces de la riera y sus proximidades.

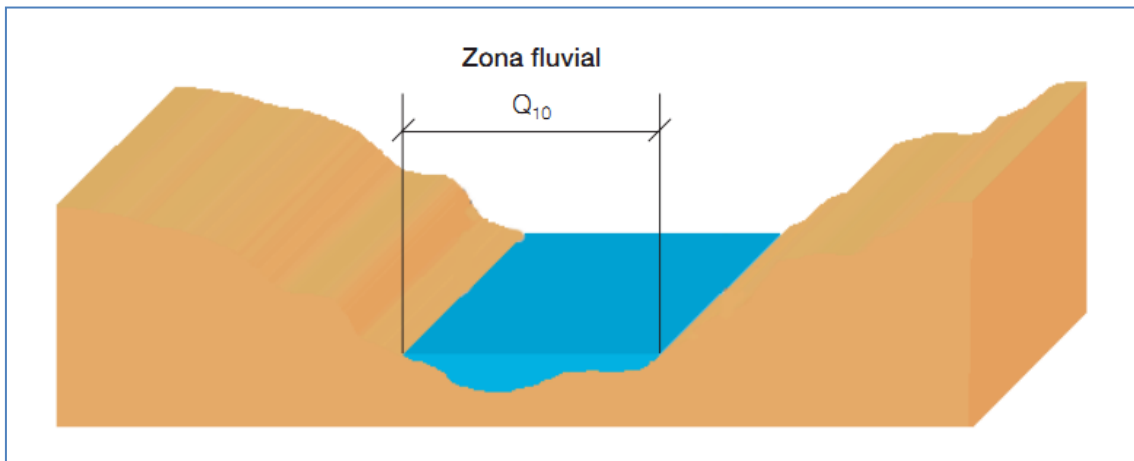


Figura 19. Zona fluvial.

- Sistema hídrico (SH):

El sistema hídrico se delimita con las inundaciones producidas por un caudal con un periodo de retorno de 100 años (Q_{100}).

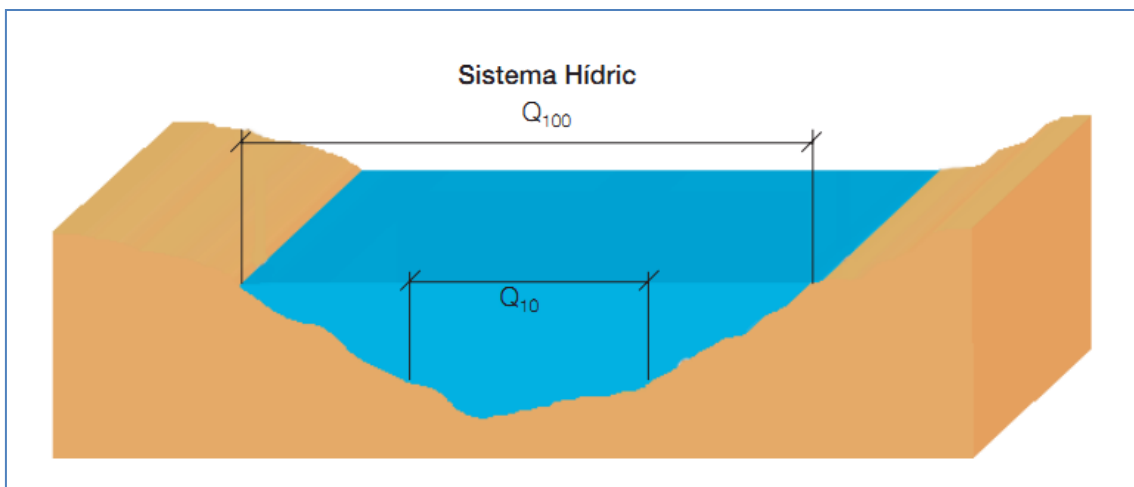


Figura 20. Sistema hídrico.

- zona inundable (ZI):

La zona inundable es la que se delimita con las inundaciones producidas por un caudal con un periodo de retorno de 500 años (Q_{500}).

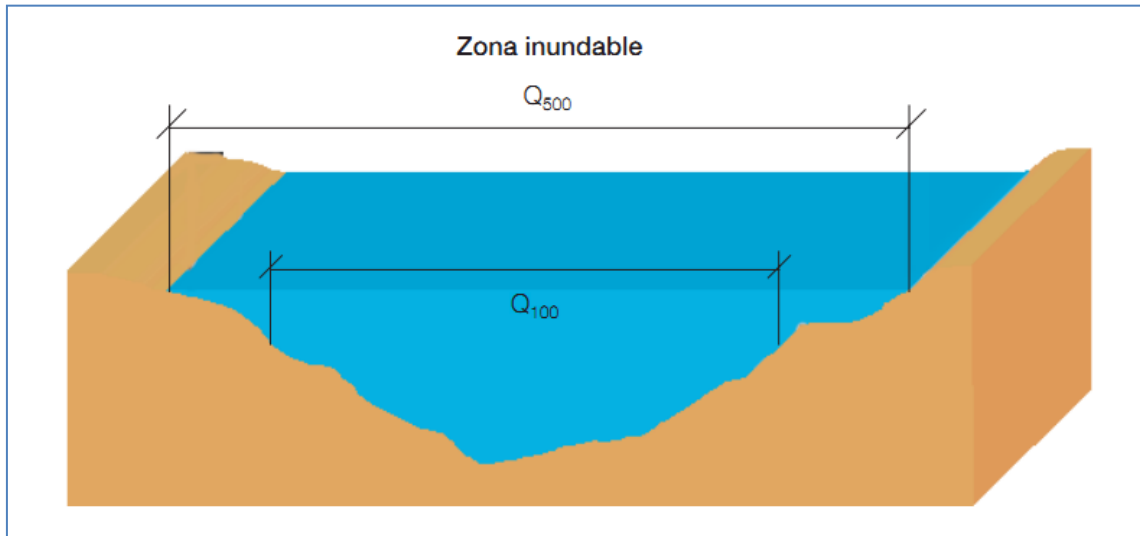


Figura 21. Zona inundable.

El estudio se realizara con los caudales de periodos de retorno establecidos por el Agencia Catalana del Agua (ACA) como ya mencione anteriormente, de todas formas este estudio podría realizarse con cualquier otro caudal, ya que se debe comprobar que el calado y la velocidad en un punto se reduzca.

Los caudales que se utilizaran para hacer la simulación en Iber son los que se describen en la siguiente tabla:

Tr (años)	Q (m^3/s)
10	32.3
100	175.5
500	348

6. ESTUDIO HIDRAULICO CON IBER

6.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar el estudio hidráulico utilizare el programa Iber, este programa es completo para las ideas presentadas en el estudio, ya que permite hacer un análisis bidimensional y así conseguir los mejores resultados.

La primera parte del estudio se centra en mostrar una simulación de la riera en su estado actual estos resultados son los de control, luego se simularan alternativas y se expondrán las conclusiones de cada una.

6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Iber es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (de la Universidad de La Coruña), el Grupo Flumen (de la Universitat Politècnica de Catalunya UPC y de la Universitat de Barcelona UB) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE (vinculado a la Universidad Politécnica de Cataluña UPC), en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua.

Iber es un modelo numérico desarrollado directamente desde la administración pública española, fácilmente adaptable a las necesidades específicas de cada momento, diseñado para ser especialmente útil a las necesidades técnicas de las Confederaciones Hidrográficas en la aplicación de la legislación sectorial vigente en materia de aguas.

Los campos de aplicación de la versión actual de Iber son:

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales
- Evaluación de zonas inundables. Cálculo de las zonas de flujo preferente
- Cálculo hidráulico de encauzamientos
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios
- Estabilidad de los sedimentos del lecho
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular

El modelo Iber consta de diferentes módulos de cálculo acoplados entre sí.

Las capacidades y características más destacadas del modelo Iber en su versión actual son las siguientes:

- Resolución integrada de las ecuaciones de Saint Venant 2D
- Esquemas explícitos en volúmenes finitos con mallas no estructuradas
- Capacidad de resolver flujo subcrítico y supercrítico, incluyendo resaltos hidráulicos móviles

- Mojado y secado del dominio con la conservación exacta del volumen de agua
- Modelización de la turbulencia mediante modelos de diferente complejidad
- Cálculo de la infiltración
- Tensión superficial por viento
- Estructuras internas: puentes, compuertas y vertederos
- Delimitación de la zona de flujo preferente según RDPH (vía de intenso desagüe y zonas de grave riesgo para personas y bienes)
- Evolución del lecho debido a transporte de sedimentos por carga de fondo y en suspensión
- Interfaz amigable de pre y post-proceso
- Integración en GIS
- Verificado y contrastado con soluciones analíticas, con otros modelos, con ensayos de laboratorio y con medidas de campo

6.3 ESTADO ACTUAL, PUNTO DE CONTROL

6.3.1 SIMULACION DE LA RIERA

Para comenzar la simulación se necesita la topografía del terreno, en la página web del instituto cartográfico de Cataluña se pueden conseguir las bases topográficas, en nuestro caso se han descargado las zonas 274-136 y la 274-135.

Se abrieron las bases en ArcMap, y se ha definido la zona que entra en nuestro estudio, posteriormente se ha creado un TIN (del inglés "triangulated irregular network"), superficie creada con triángulos irregulares.

En la imagen siguiente se muestra el TIN en ArcScene en 3D.

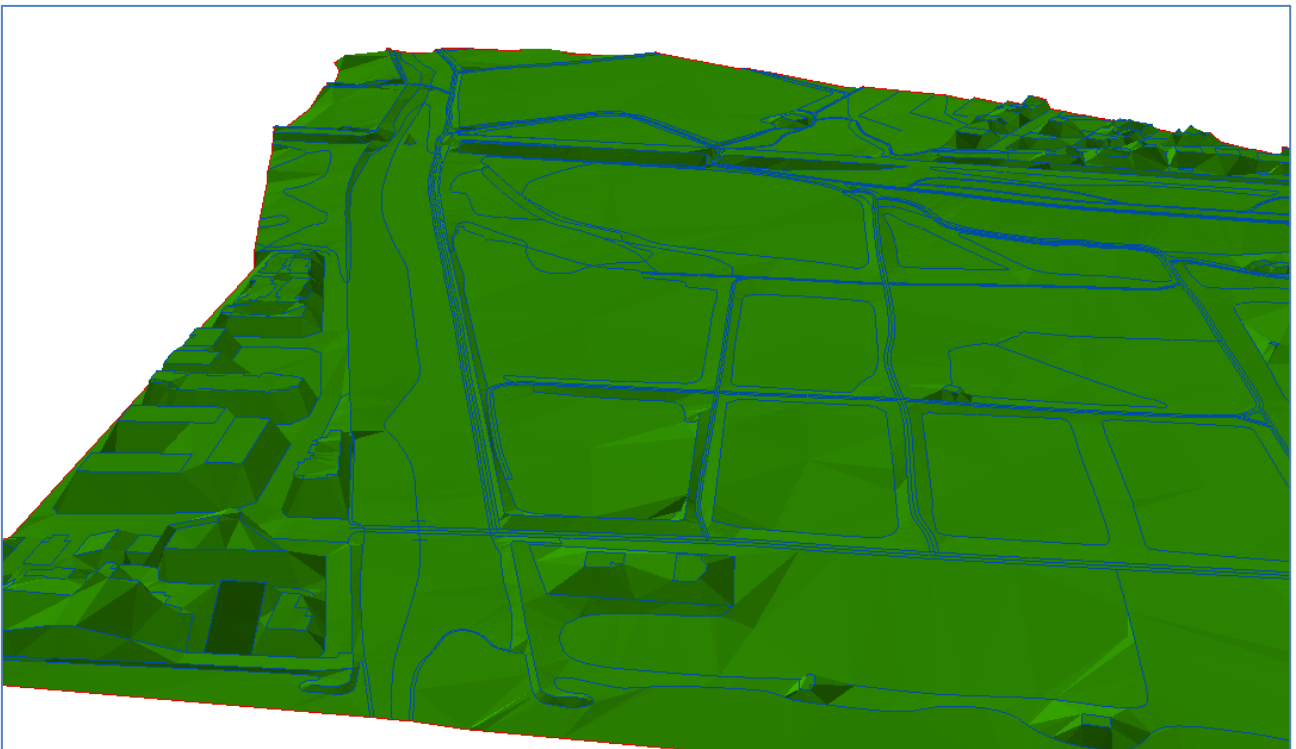


Figura 22. Elevación del terreno en ArcScene.



Figura 23. Elevación del terreno con orto foto de fondo en ArcScene.

Después de realizar el TIN en ArcMap se convierte el TIN al formato RASTER (consta de una matriz de píxeles organizados en filas y columnas, en la que cada celda contiene un valor que contiene información) y posteriormente el RASTER se convierte al formato ASCII (formato de texto que contiene la información del RASTER), con el archivo ASCII se puede representar el terreno en Gid-Iber y realizar la simulación.

Generamos con Iber una red de triángulos rectángulos equiláteros o RTIN a partir del archivo de elevación ASCII.

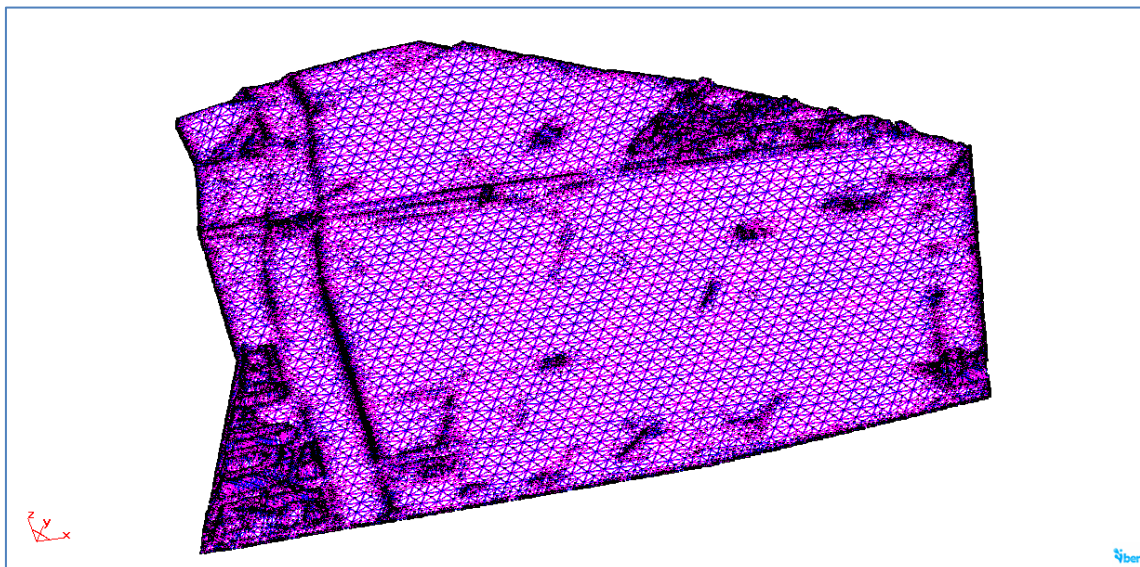


Figura 24. RTIN generado en Gid-Iber a partir del ASCII.

Para conseguir un mejor modelo, dividimos el RTIN en superficies más pequeñas.

Se ha definido cuánto tiempo va a durar la simulación, el valor dado es de 1500 segundos.

Definimos las condiciones de contorno:

- Entrada 2D: El valor de entrada de agua será el mismo que comentamos anteriormente, es decir los caudales de periodo de retorno de 10, 100 y 500 años.

Tr (años)	Q (m ³ /s)
10	32.3
100	175.5
500	348

Estos valores aparecerán gradualmente en los 1500 segundos, el primer valor será el caudal que entre en la riera en el intervalo de 0-500 segundos, el segundo será el caudal que entre en la riera en el intervalo de 500-1000 segundos, y finalmente el tercer valor será el caudal que entre en la riera en el intervalo de 1000-1500 segundos.

- Salida 2D: La salida será la zona en la que la riera desemboca, es decir la playa de sant Salvador.
- Condiciones iniciales: La condición que definimos es que el calado inicial será 0.

Luego se da el valor de rugosidad a cada zona del área de estudio, estos valores son los que se establecieron anteriormente según el tipo de suelo, dibujamos cada zona asignándole un valor y una vez conseguido esto pasamos a que el programa calcule y nos ofrezca los resultados.

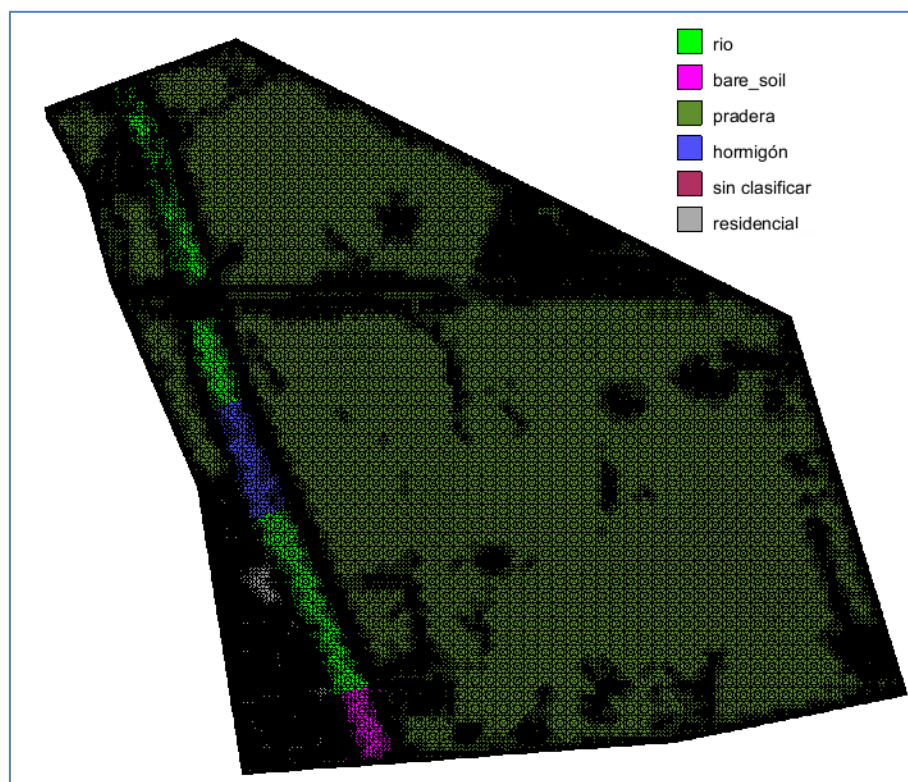


Figura 25. Zona de estudio con su clasificación según tipo de suelo.

6.3.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS

Después de que el programa realiza los cálculos nos pinta cada zona con un color, se pueden representar diferentes análisis por ejemplo: calado, topografía, velocidad, etc.

El punto de referencia estudiado se encuentra en la intersección de la riera con la avenida Palfuriana, las coordenadas de este punto son $X=378209$, $Y=4560274$, $Z=1.90804$ (La coordenada Z puede cambiar en las alternativas, ya que en las alternativas se cambia el terreno).

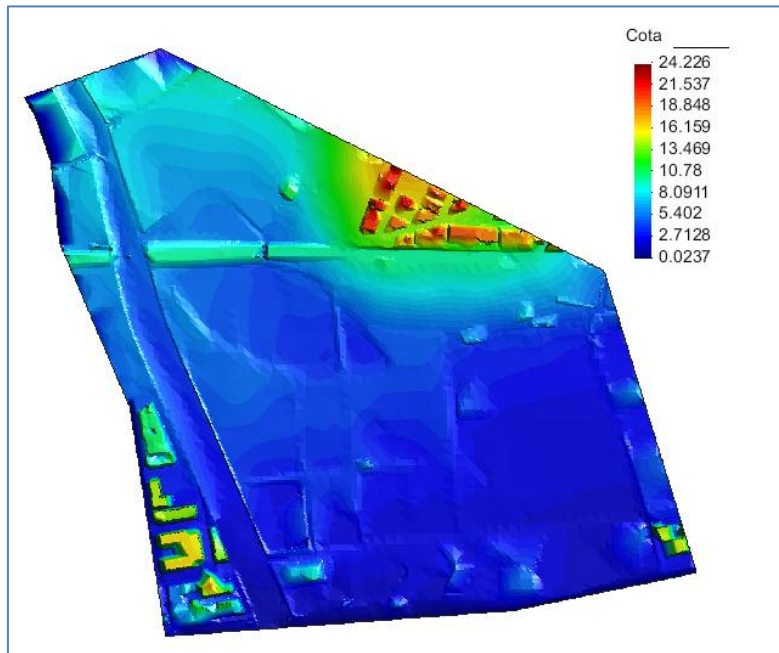


Figura 26. Mapa con colores suaves indicando la cota en cada zona. Generado en Iber

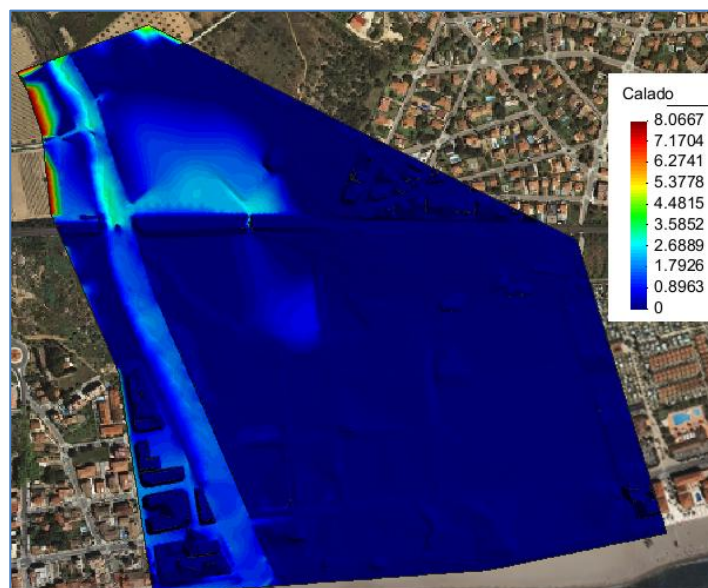


Figura 27. Mapa con colores suaves indicando el calado en cada zona. Generado en Iber

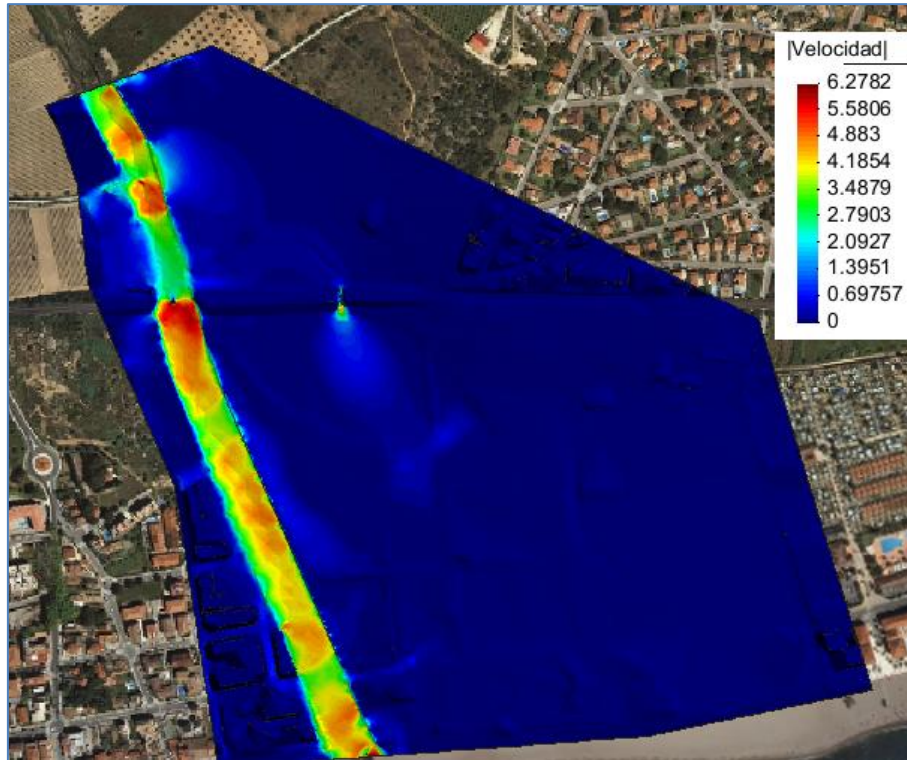


Figura 28. Mapa con colores suaves indicando la velocidad en cada zona. Generada en Iber

Se realizan dos grafico del punto, uno describe el calado y el siguiente la velocidad, según los graficos al pasar 1500 segundos habra un calado en la zona afectada de 1,68 m, mientras que la velocidad del agua es de 3,57 m/seg.

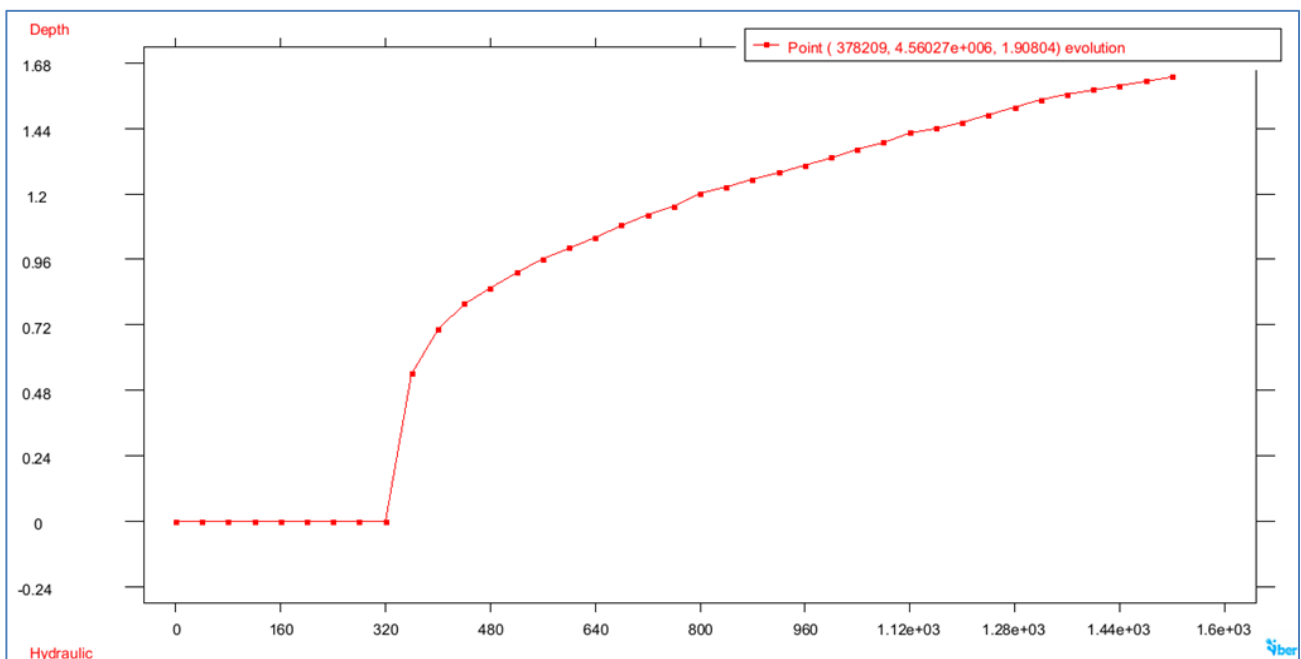


Figura 29. Grafica del calado del punto estudiado en función del tiempo. Generada en Iber

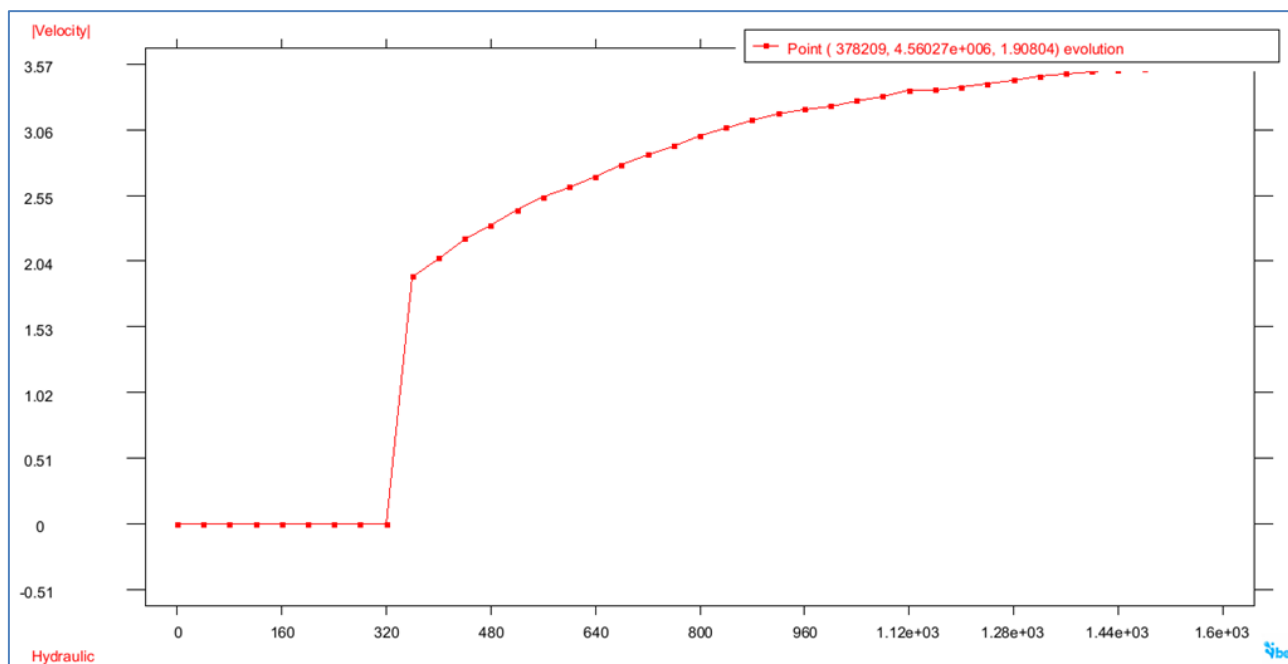


Figura 30. Grafica de la velocidad del punto en función del tiempo. Generada en Iber

En los siguientes apartados se intentara reducir los valores indicados anteriormente, expondre diferentes alternativas que reduzcan el calado y la velocidad de agua.

6.4 PRIMERA ALTERNATIVA

6.4.1 SIMULACIÓN DE LA RIERA.

En la primera alternativa no se cambia ninguna dimensión de la riera.

Para reducir el calado y la velocidad del agua en el punto de estudio, solo acondicionaremos la zona que corresponde al recorrido natural de la riera, es decir, al cauce natural le asignaremos un coeficiente de manning diferente al que presenta en la primera simulación, cabe recordar que el coeficiente que presenta el cauce natural en la riera actual es $n=0.05$ ya que es una zona de praderas.

El coeficiente utilizado será $n=0.025$.

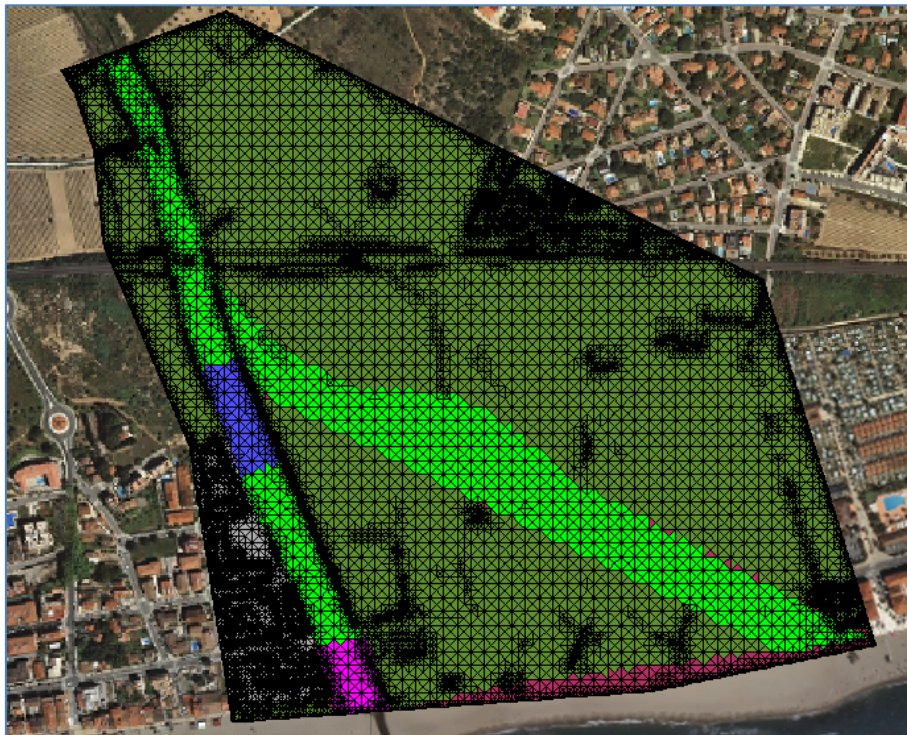


Figura 31. Zona de estudio, después de cambiar el coeficiente de manning en el cauce natural de la riera. Generada en Iber

6.4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las siguientes imágenes nos muestran el calado y la velocidad en cada zona, a simple vista se puede ver que no hay cambios significativos con los resultados obtenidos anteriormente.

Se realizan los gráficos de calado y velocidad del mismo punto visto anteriormente con coordenadas X=378209, Y=4560274, Z=1.90804.

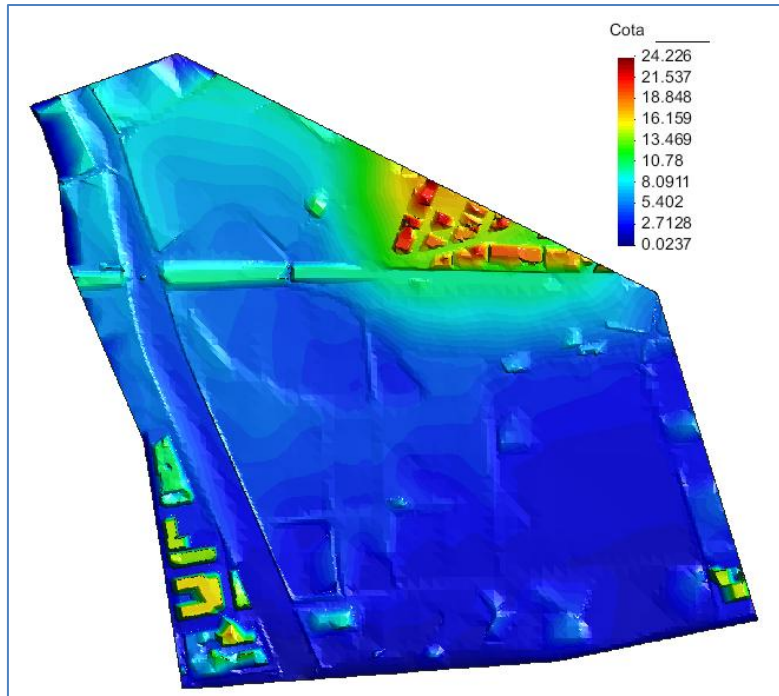


Figura 32. Mapa con colores suaves indicando la cota en cada zona. Generada en Iber

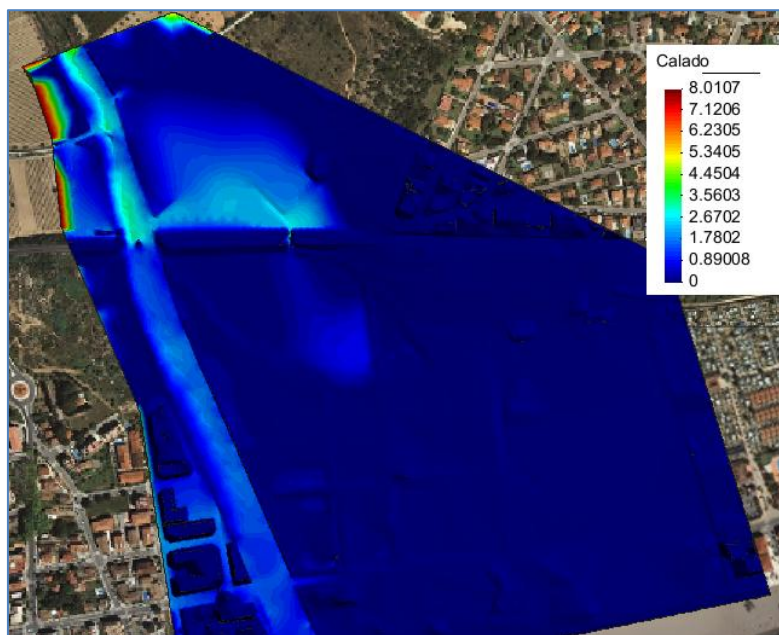


Figura 33. Mapa con colores suaves indicando el calado en cada zona. Generada en Iber

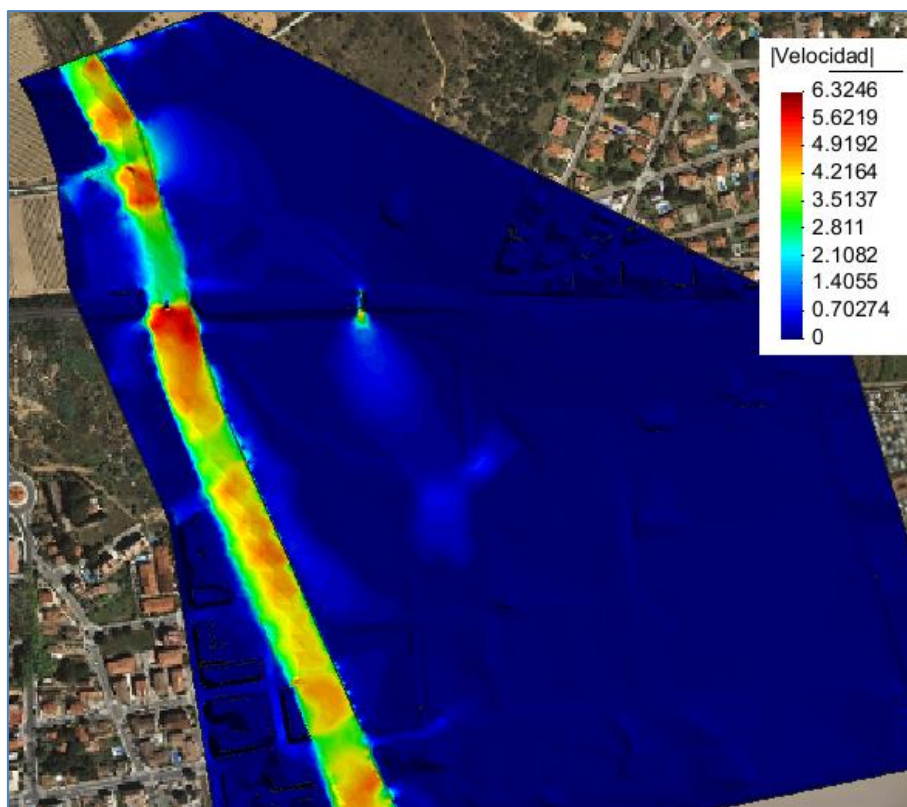


Figura 34. Mapa con colores suaves indicando la velocidad en cada zona. Generada en Iber

En los dos grafico del punto, al pasar 1500 segundos habra un calado en la zona afectada de 1,54 m, mientras que la velocidad del agua es de 3,57 m/seg, la misma que anteriormente.

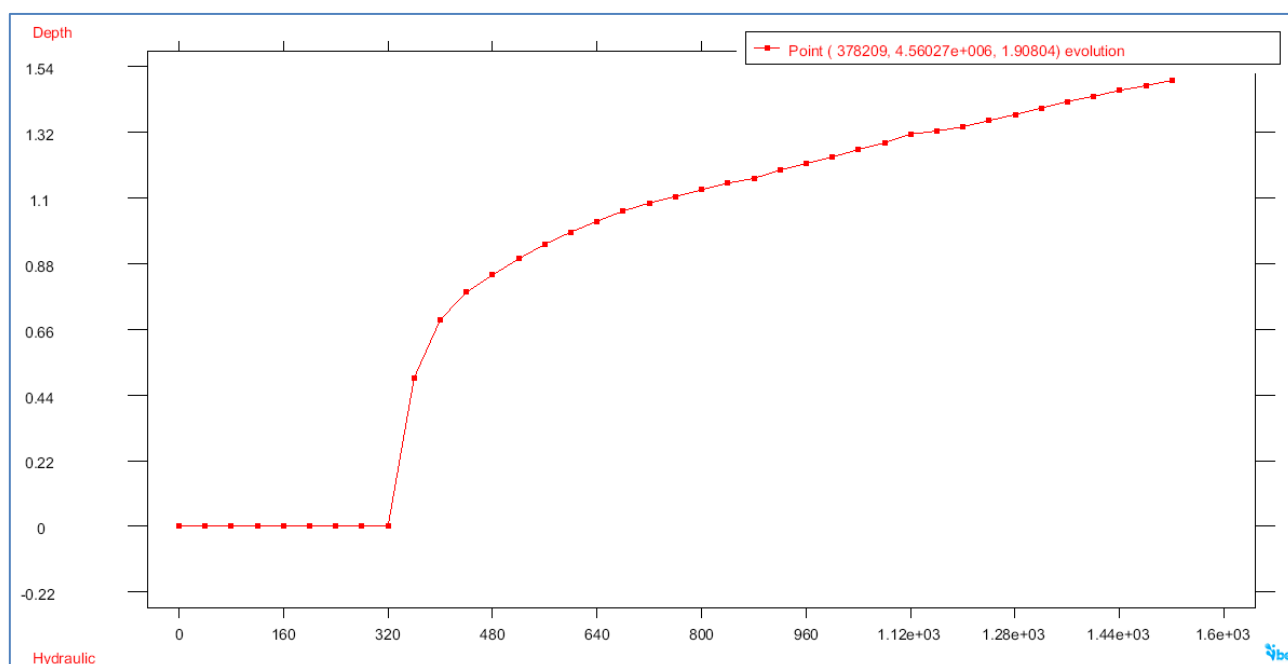


Figura 35. Grafica del calado del punto estudiado en función del tiempo. Generada en Iber

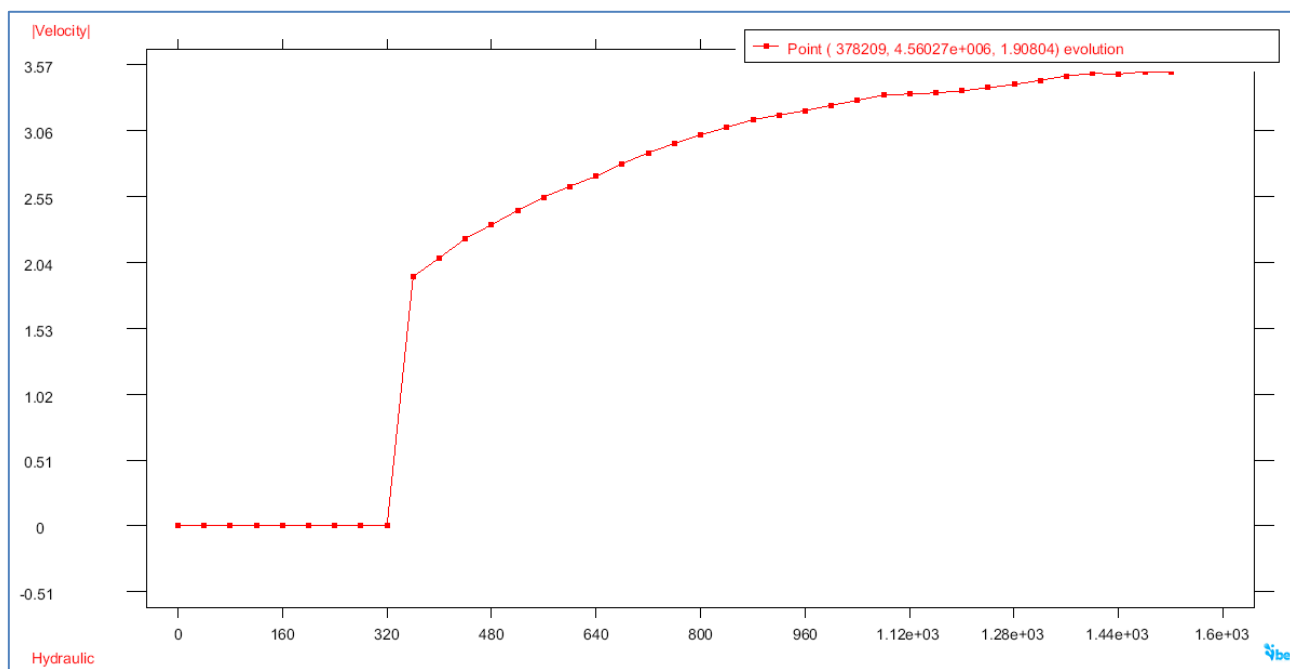


Figura 36. Grafica de la velocidad del punto en función del tiempo. Generada en Iber

6.4.3 CONCLUSIÓN PARCIAL

El acondicionamiento del cauce natural facilita el desvío del agua a dicho cauce, esto provoca una leve disminución del calado de agua, concretamente el calado decrece 14 cm, pasa de 1,68 m a 1,54 m.

En cambio la velocidad de agua es igual, se mantiene en 3,57 m/s.

Teniendo en cuenta que esta solución es la menos radical y más económica, puede presumirse de reducir el 8% del calado de agua.

6.5 SEGUNDA ALTERNATIVA

6.5.1 SIMULACIÓN DE LA RIERA

En la segunda alternativa se redimensiona el cauce natural, esto facilitara la entrada de agua a dicho cauce reduciendo el calado y la velocidad del agua en la zona de estudio. Este análisis se realiza acondicionando el cauce natural como en la primera alternativa, esto quiere decir que el coeficiente de manning en el cauce natural es $n = 0.025$.

Para realizar esta alternativa se debe eliminar parte del muro de la riera y nivelar el terreno para facilitar el acceso del agua.

En la siguiente imagen se puede ver la representacion en ArcScene de la riera despues de redimensionar el cauce natural.

El cauce natural mide aproximadamente 88 metros de ancho, la diferencia de cota entre el fondo y los laterales del cauce sera de 0,87 metros, la longitud de este tramo es de 700 metros aproximadamente y la pendiente de este tramo es de 0.54%.

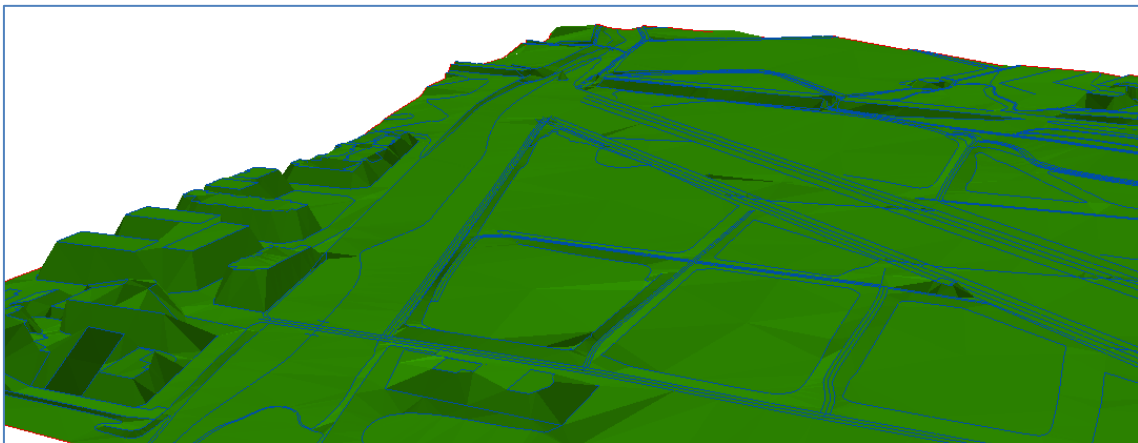


Figura 37. Elevación del terreno al redimensionar el cauce natural de la riera en ArcScene

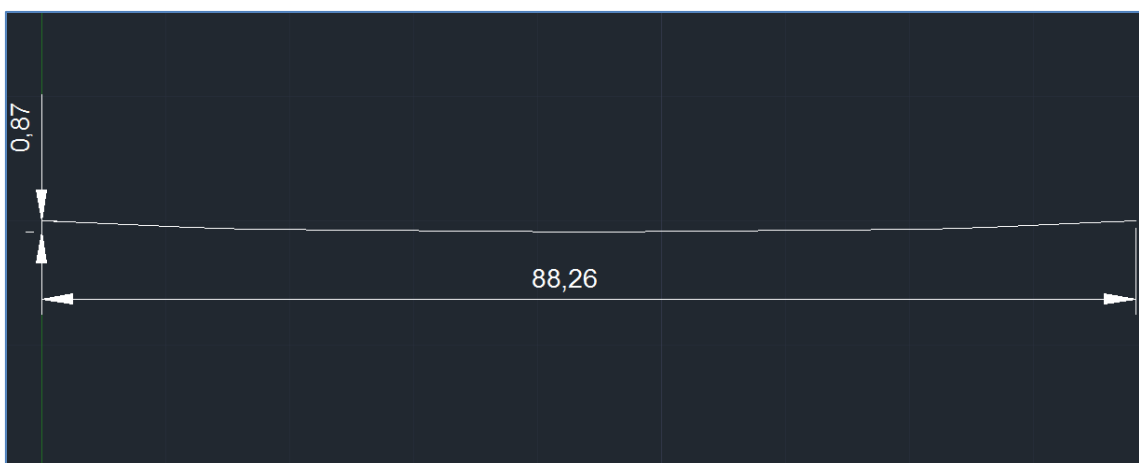


Figura 38. Detalle de la sección transversal del cauce natural elaborado en Autocad

6.5.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las siguientes imágenes muestran el calado y la velocidad en cada zona, a simple vista es posible ver que hay cambios significativos con los resultados obtenidos en el estado actual de la riera.

Se realizan los gráficos de calado y velocidad del mismo punto visto anteriormente con coordenadas X=378209, Y=4560274, Z=1.91344.

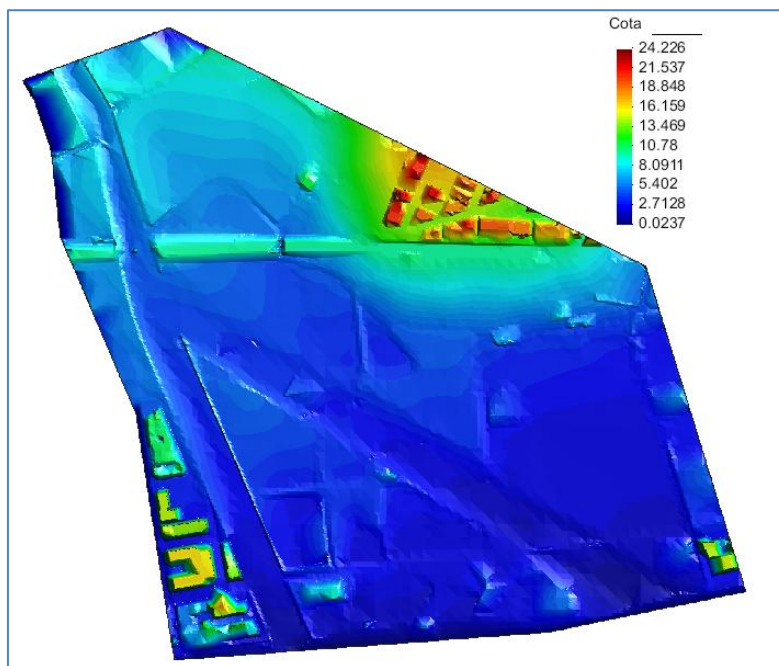


Figura 39. Mapa con colores suaves indicando la cota en cada zona. Generada en Iber

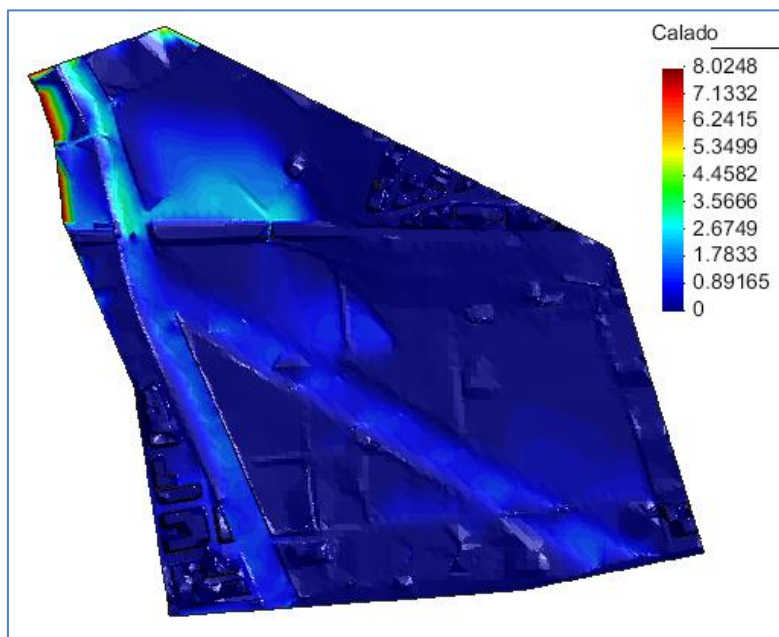


Figura 40. Mapa con colores suaves indicando el calado en cada zona. Generada en Iber

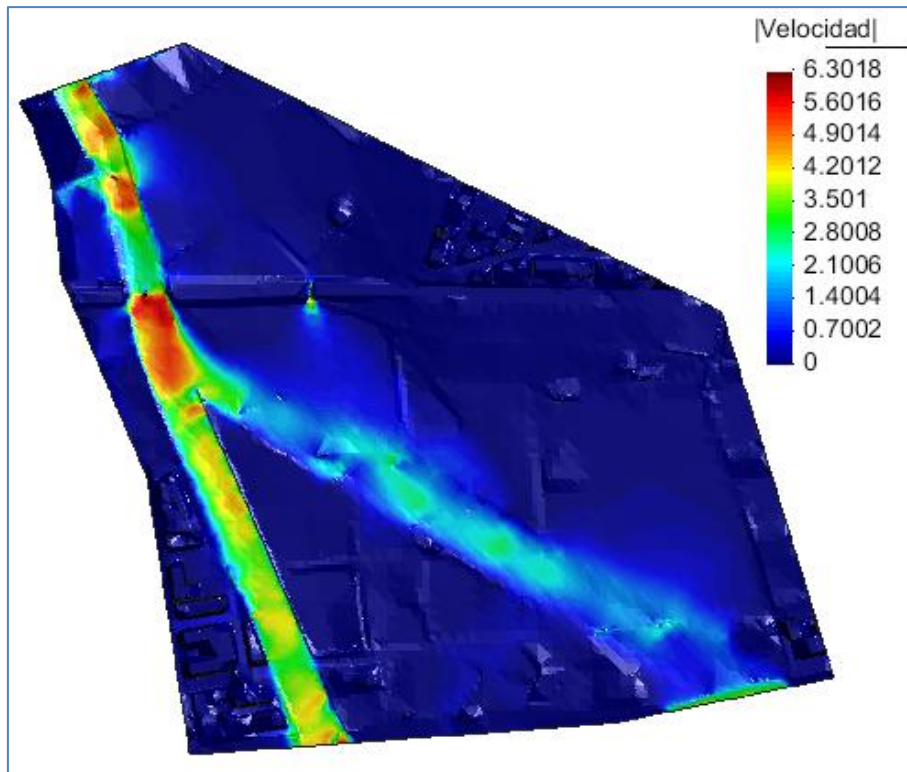


Figura 41. Mapa con colores suaves indicando la velocidad en cada zona. Generada en Iber

En los dos grafico del punto, al pasar 1500 segundos habra un calado en la zona afectada de 1,33 m, mientras que la velocidad del agua es de 3,01 m/seg.

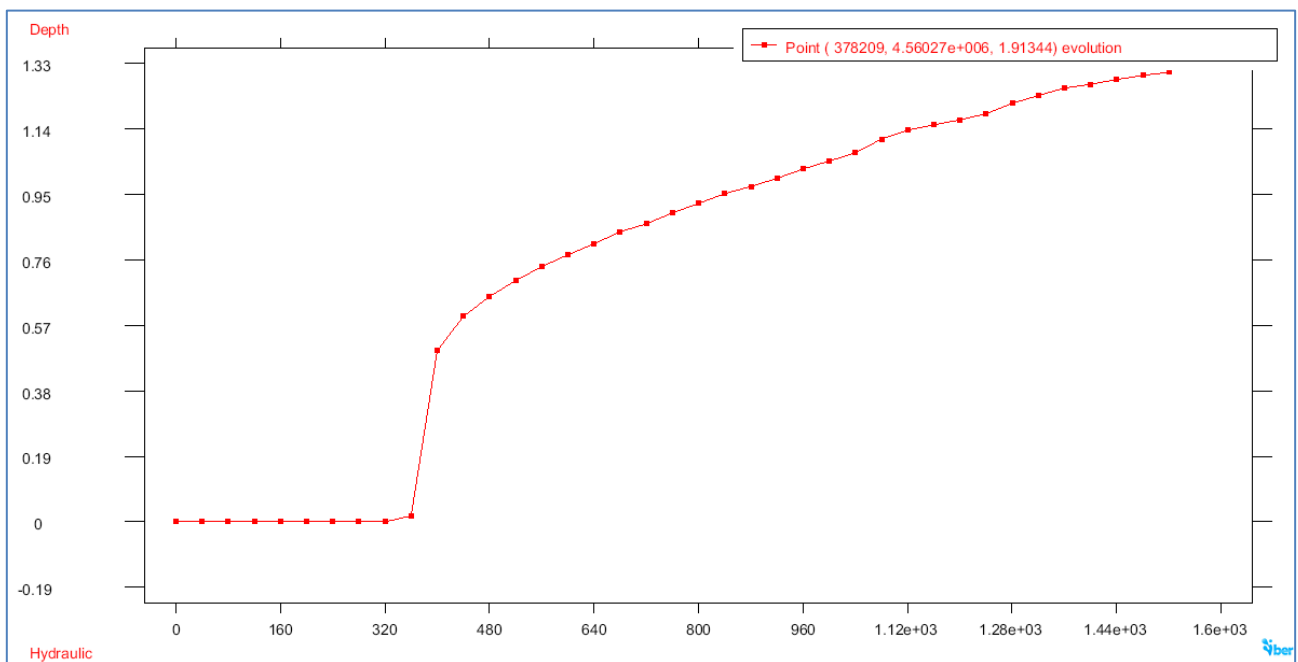


Figura 42. Grafica del calado del punto estudiado en función del tiempo. Generada en Iber

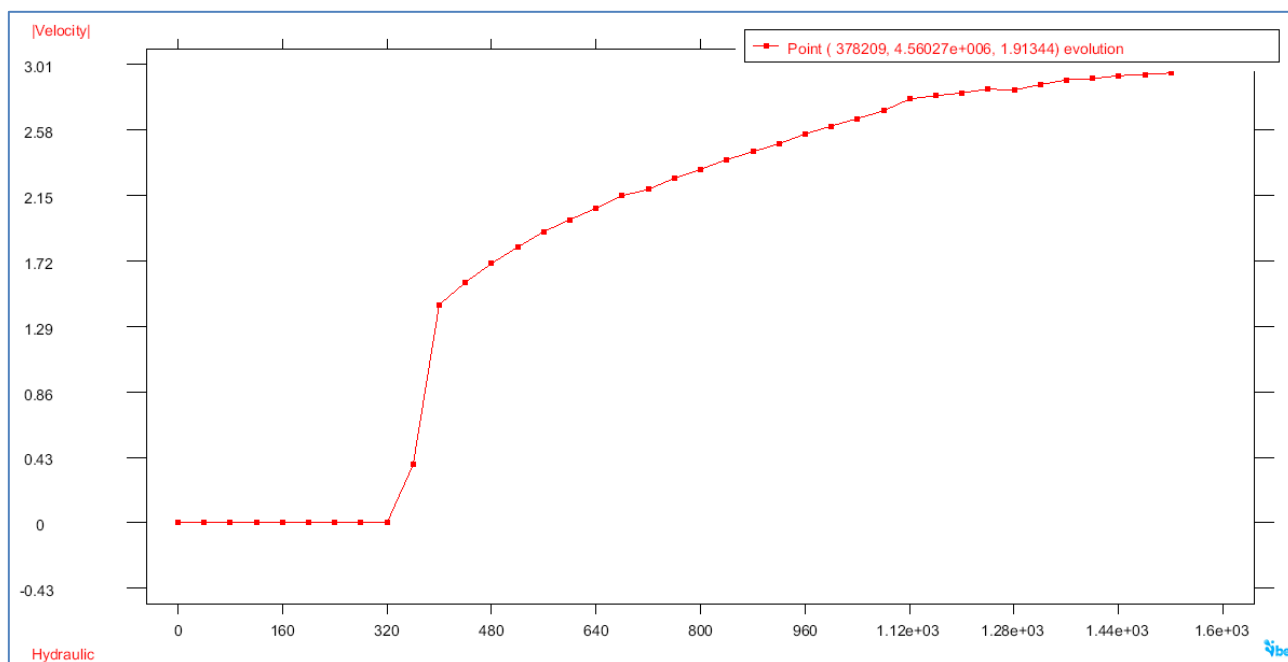


Figura 43. Grafica de la velocidad del punto en función del tiempo. Generada en Iber

Aparte de los dos graficos del punto de control tambien se debe tener en cuenta que se ha abierto un nuevo cauce; dicho cauce no debe agregar un nuevo problema a la carretera. Por lo tanto se justificara si el calado del punto $X = 378605$, $Y = 4560313$ (punto central del cauce natural cuando cruza con la carretera) es preocupante o no.

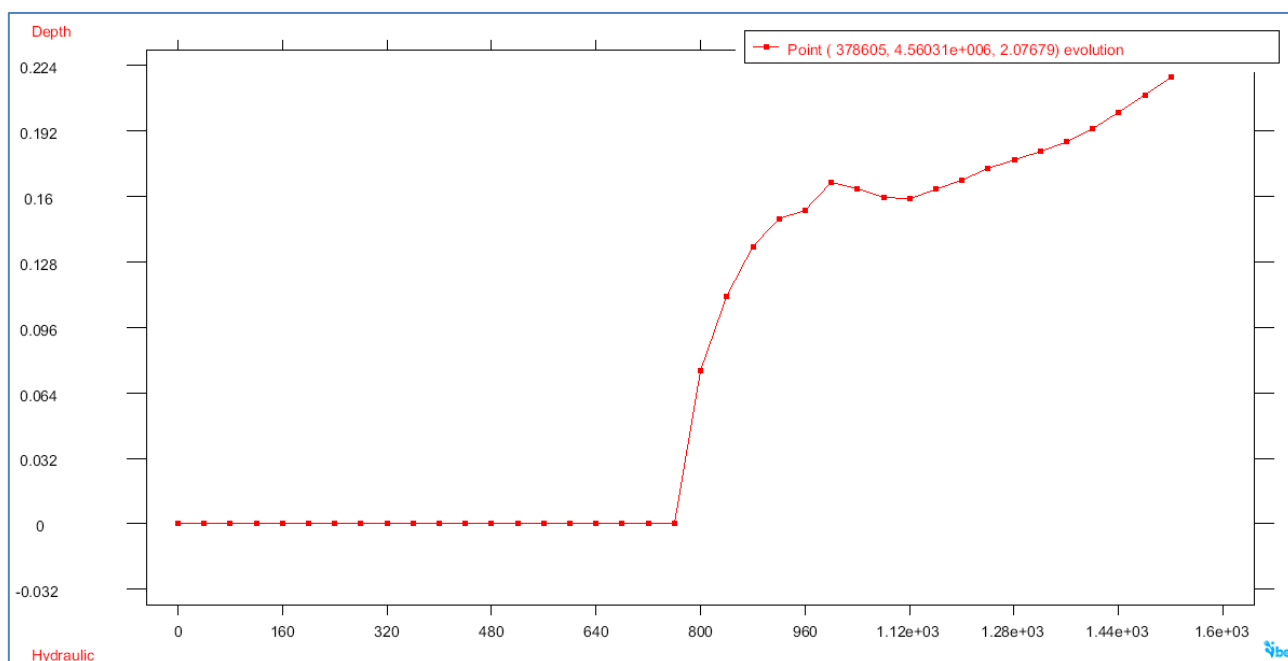
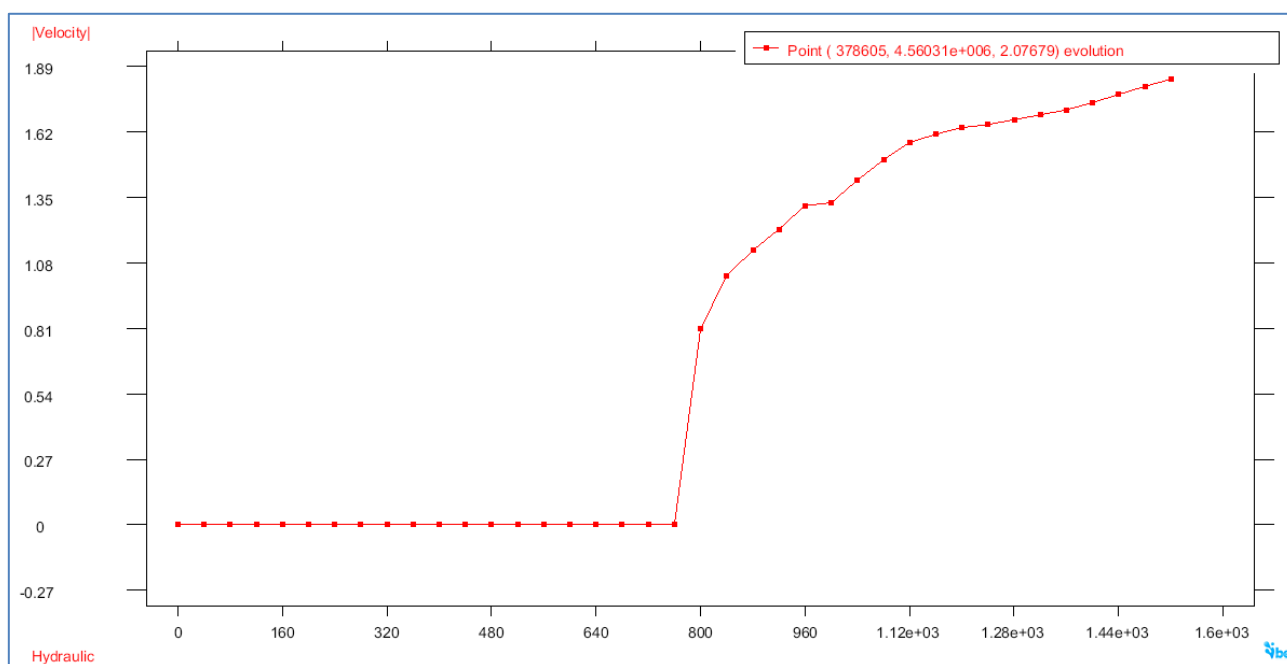


Figura 44. Grafica del calado del punto estudiado en el cauce natural en función del tiempo. Generada en Iber



**Figura 45. Grafica de la velocidad del punto en el cauce natural en función del tiempo.
Generada en Iber**

Los valores de calado en el punto de la carretera que corresponde al centro del cauce natural no son para preocuparse, ya que son de 0,22 m, es decir 22 cm y la velocidad tampoco es elevada ya que es de 1,89 m/seg.

6.5.3 CONCLUSIÓN PARCIAL

El redimensionamiento y acondicionamiento del cauce natural facilita la entrada de agua en esté; ese era el objetivo de esta alternativa, ya que el cauce natural cumple la función de desagüe y descarga la avenida de agua de la riera actual. Esto produce una disminución considerable de calado y de la velocidad de agua en el punto de control, concretamente se reduce el 21% de calado pasa de 1,68 m a 1,33 m.

La velocidad se reduce un 15,6% pasa de 3,57 m/s a 3 m/s.

El nuevo cauce no produce inundamientos considerables al pasar por la carretera, el calado es de 22 cm, el que se corresponde con el 13% del calado del punto de control; lo cual demuestra que utilizar el cauce natural no presenta nuevos problemas con la carretera.

6.6 TERCERA ALTERNATIVA

6.6.1 SIMULACIÓN DE LA RIERA

En la tercera alternativa se redimensionará la zona de la intersección de la riera con la Avenida Palfuriana, instalando una zanja bajo la carretera (la carretera se mantendrá en la cota 1,9 m) para que haya más superficie transversal en la zona de estudio y al mismo tiempo descienda el calado de agua.

Las siguientes imágenes muestran el terreno obtenido y un detalle aproximado de las medidas de la zanja, la cual tiene su base en la cota 1m y una longitud aproximada de 70 metros.

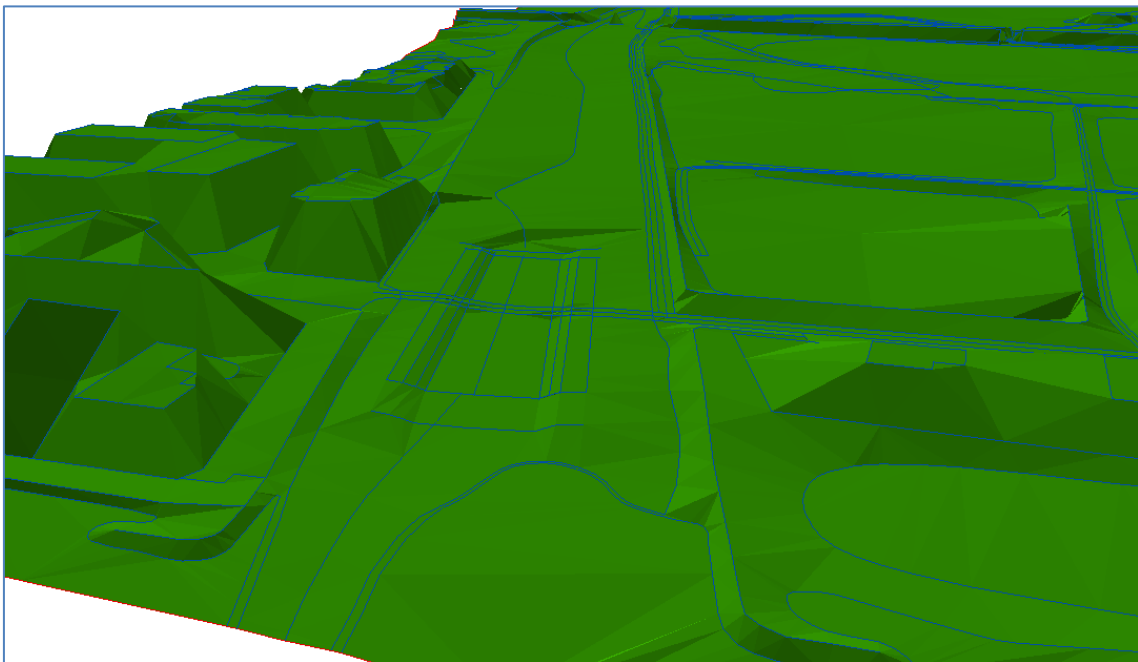


Figura 46. Terreno después de realizar la zanja en ArcScene

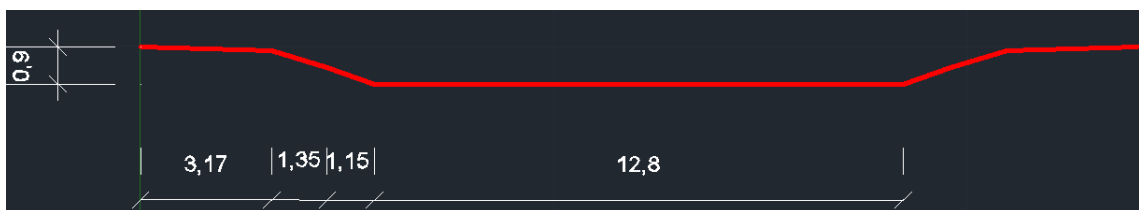


Figura 47. Detalle de la sección transversal de la zanja en Autocad

6.6.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las siguientes imágenes muestran el calado y la velocidad en cada zona con colores suaves, existen cambios con los resultados de control.

Se realizan los gráficos de calado y velocidad del mismo punto visto anteriormente con coordenadas X=378209, Y=4560274. Es necesario tener en cuenta que se ha cambiado la elevación del terreno, por lo tanto la coordenada Z es diferente a la que se tenía.

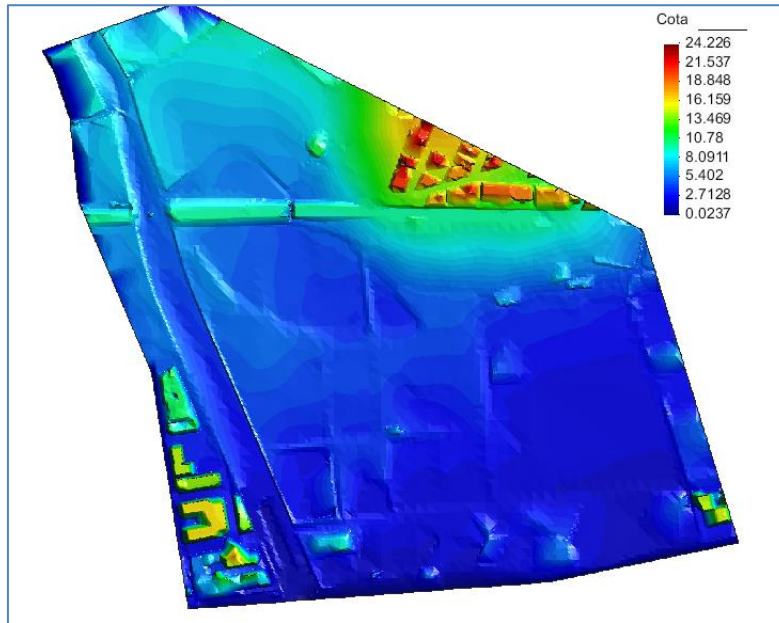


Figura 48. Mapa con colores suaves indicando la cota en cada zona. Generada en Iber

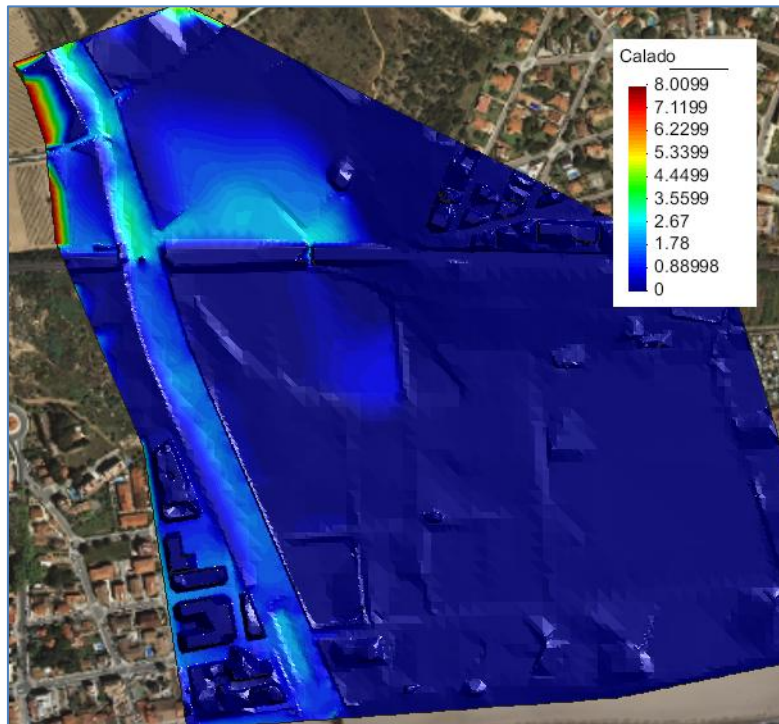


Figura 49. Mapa con colores suaves indicando el calado en cada zona. Generada en Iber

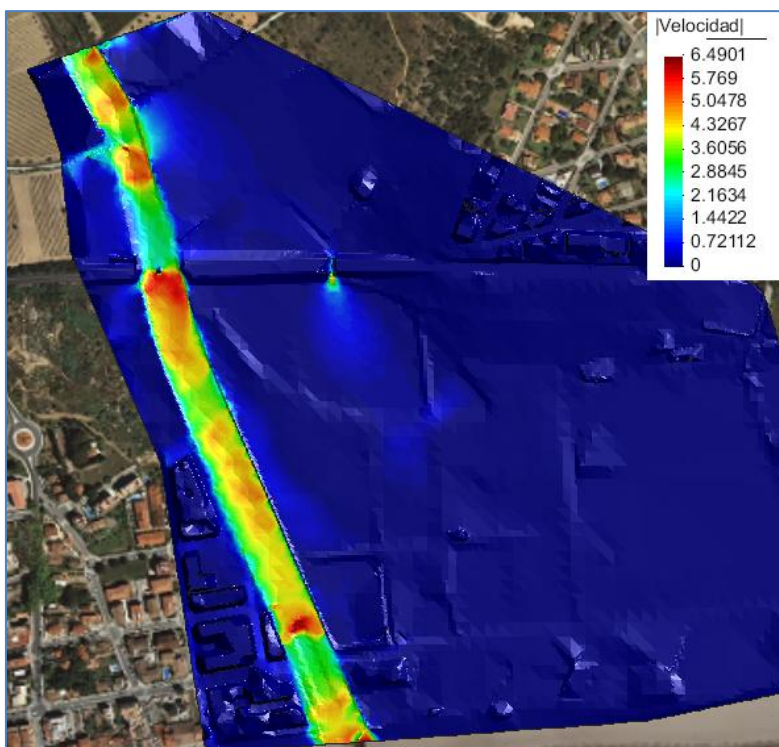


Figura 50. Mapa con colores suaves indicando la velocidad en cada zona. Generada en Iber

En los dos grafico del punto, al pasar 1500 segundos habrá un calado en la zona afectada de 2,31 m, mientras que la velocidad del agua será de 2,94 m/seg.

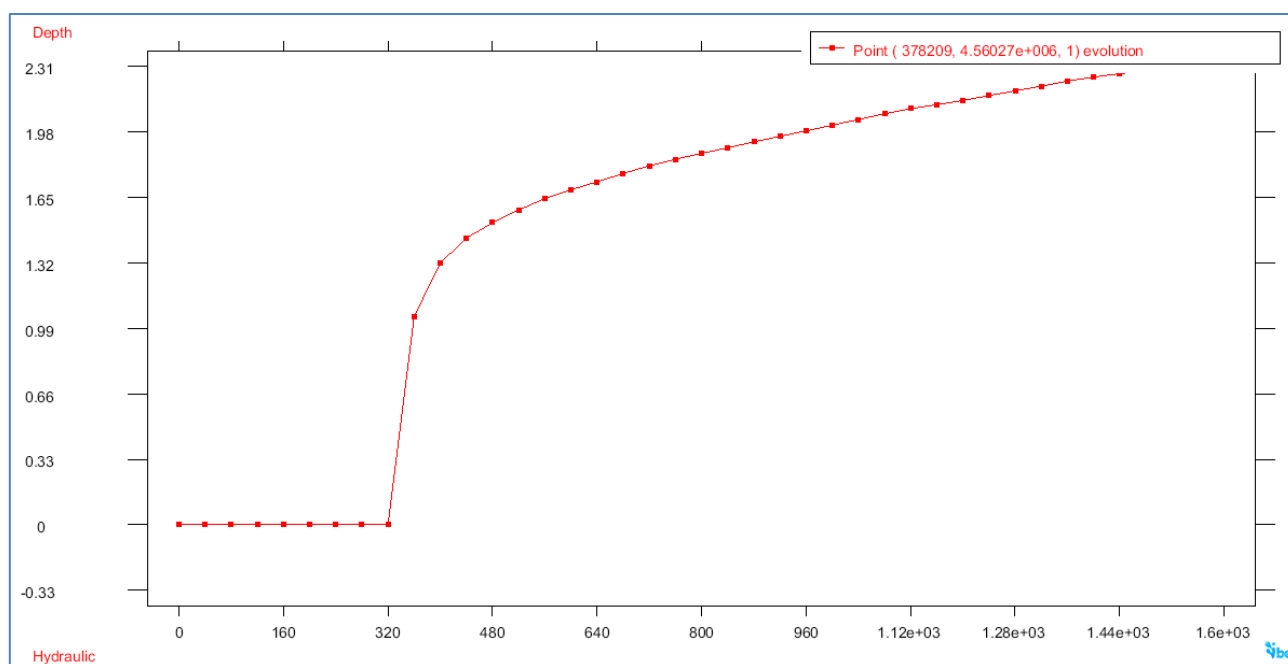


Figura 51. Gráfica del calado del punto estudiado en función del tiempo. Generada en Iber

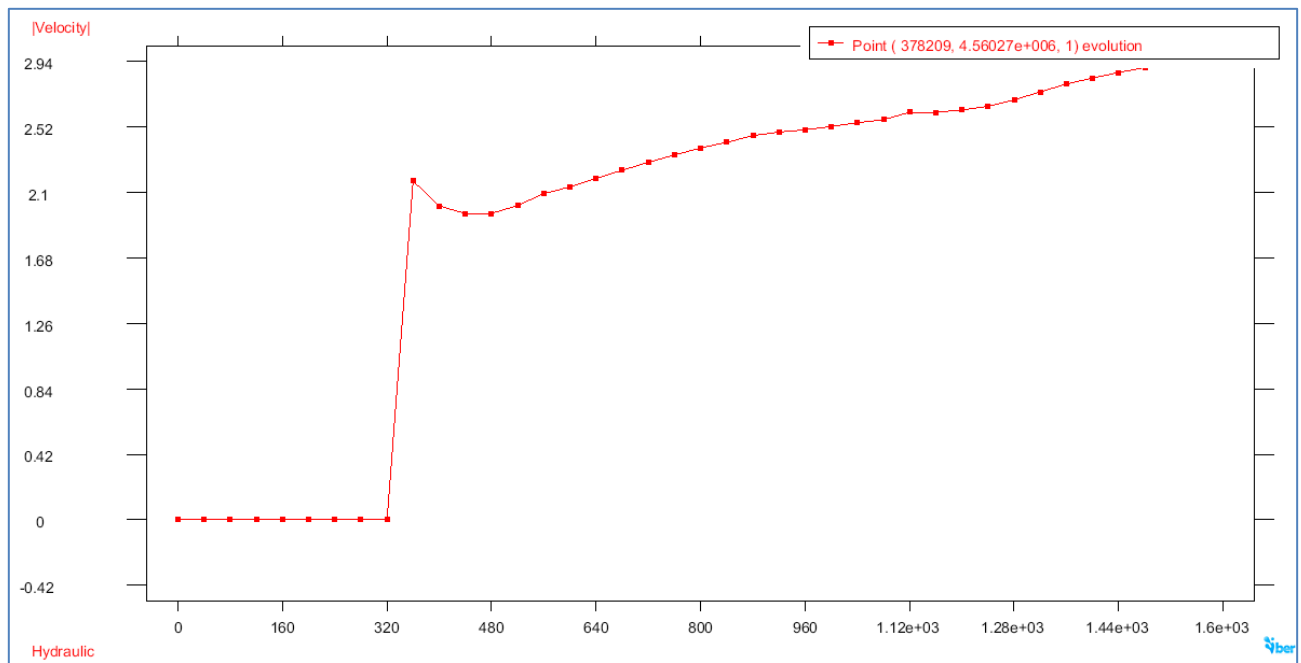


Figura 52. Grafica del calado del punto estudiado en función del tiempo. Generada en Iber

6.6.3 CONCLUSIÓN PARCIAL

En los primeros análisis la cota del punto de estudio era $Z = 1,90804\text{m}$; en este análisis se ha cambiado el terreno y realizado una zanja bajo la carretera, por lo tanto el punto ha cambiado presentando una cota $Z = 1\text{m}$.

En el grafico de calado es necesario tener en cuenta que la cota 0 se corresponde al nivel de la zanja, mientras que el nivel de la carretera es la cota 0,9 m, por lo tanto el calado desde la zanja al pasar 1500 segundos es de 2,31 m y el calado desde el nivel de la carretera es de 1,41 m.

Comparando este resultado con el de control, la cota se redujo un 16%; mientras que la velocidad se reduce un 17,6%, pasa de 3,57 m/s a 2.94 m/s.

6.7 CUARTA ALTERNATIVA

6.7.1 SIMULACIÓN DE LA RIERA

La cuarta alternativa es una mezcla de las alternativas que provocan una mayor reducción de calado en la zona afectada; combinación de la segunda y tercera alternativas, se abre el cauce natural de la riera y realiza la zanja en la zona afectada para que ambos métodos trabajen juntos.

Esto debe reducir considerablemente el calado y velocidad del agua.

La siguiente imagen muestra la elevación en 3D del terreno.

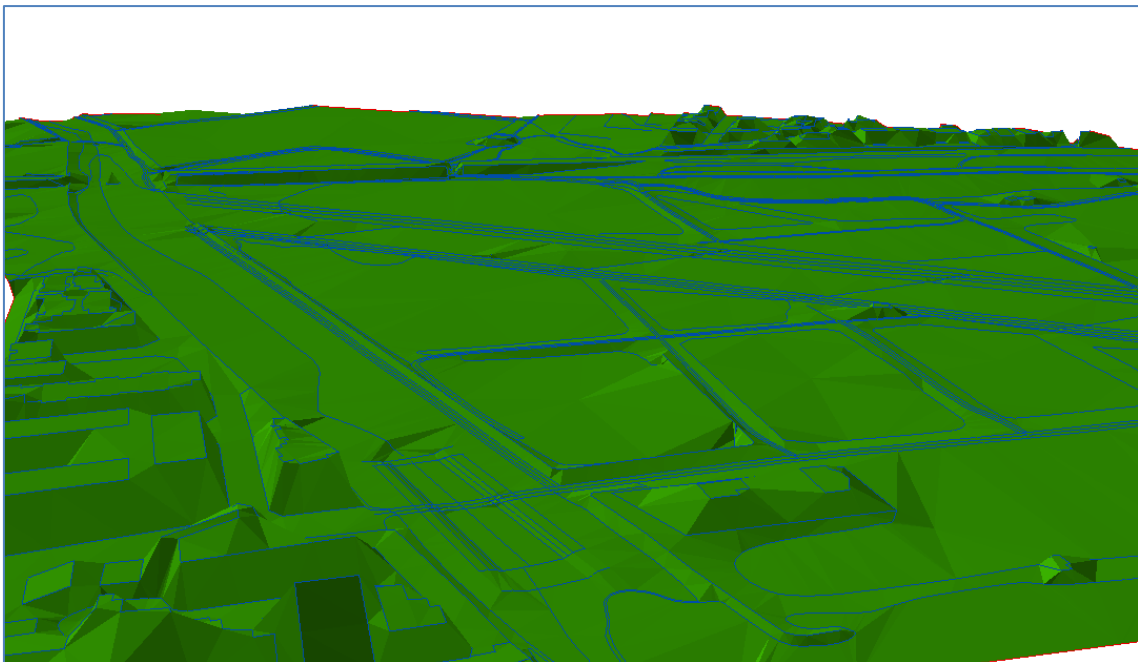


Figura 53. Terreno después de realizar la zanja y habilitar el cauce natural en ArcScene

6.7.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las siguientes imágenes muestran la topografía, calado y velocidad en cada zona con colores suaves.

Se realizan los gráficos de calado y velocidad del mismo punto visto anteriormente con coordenadas X=378209, Y=4560274. Es necesario tener en cuenta que se ha cambiado la elevación del terreno, por lo tanto la coordenada Z es diferente a la que se tenía anteriormente.

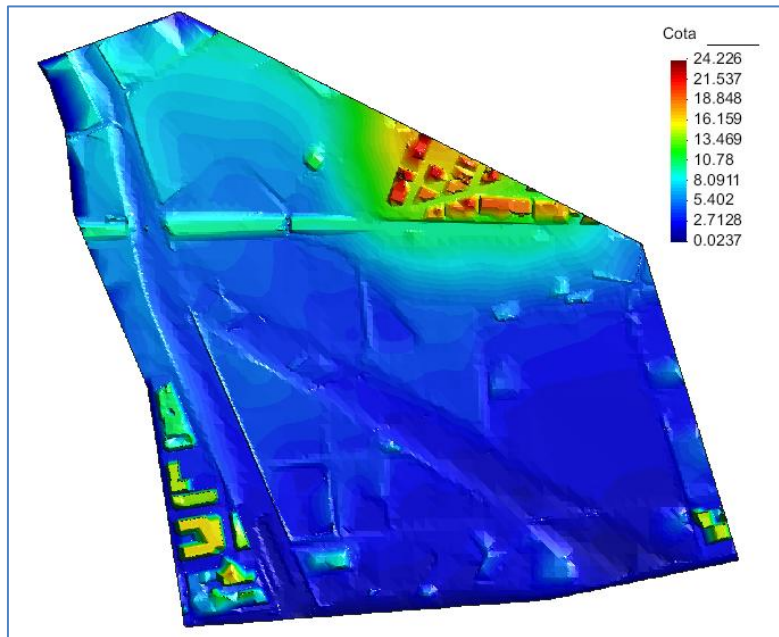


Figura 54. Mapa con colores suaves indicando la cota en cada zona. Generada en Iber

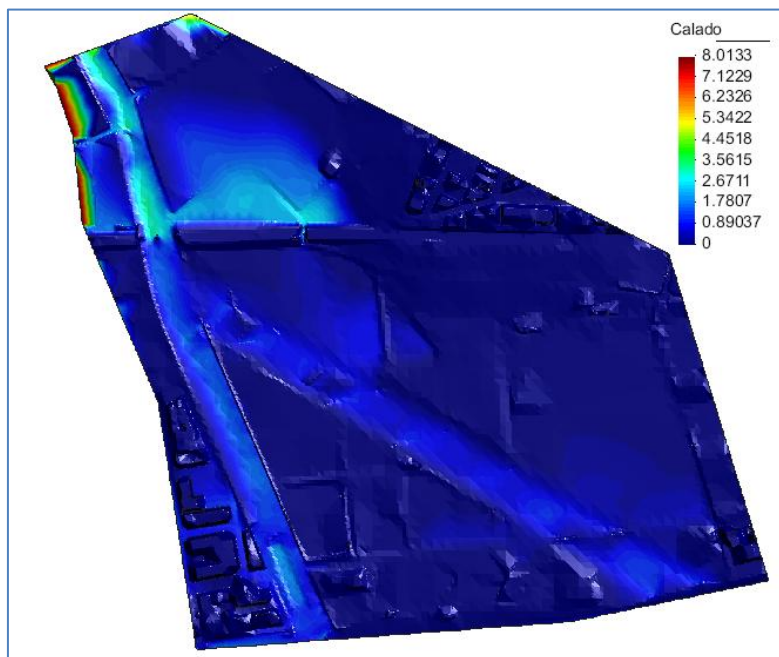


Figura 55. Mapa con colores suaves indicando el calado en cada zona. Generada en Iber

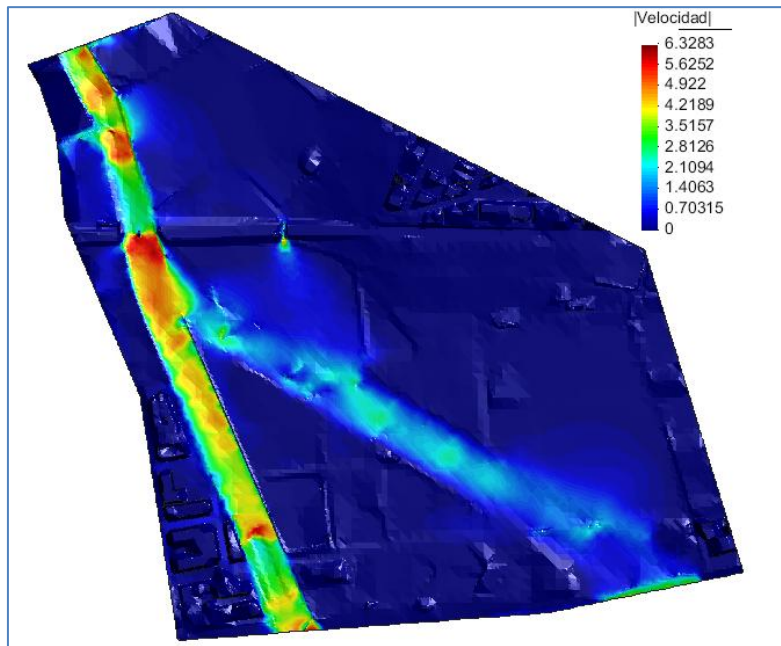


Figura 56. Mapa con colores suaves indicando la velocidad en cada zona. Generada en Iber

Según los dos grafico del punto, al pasar 1500 segundos hay un calado en la zona afectada de 2,1 m, mientras que la velocidad del agua es de 2,59 m/seg.

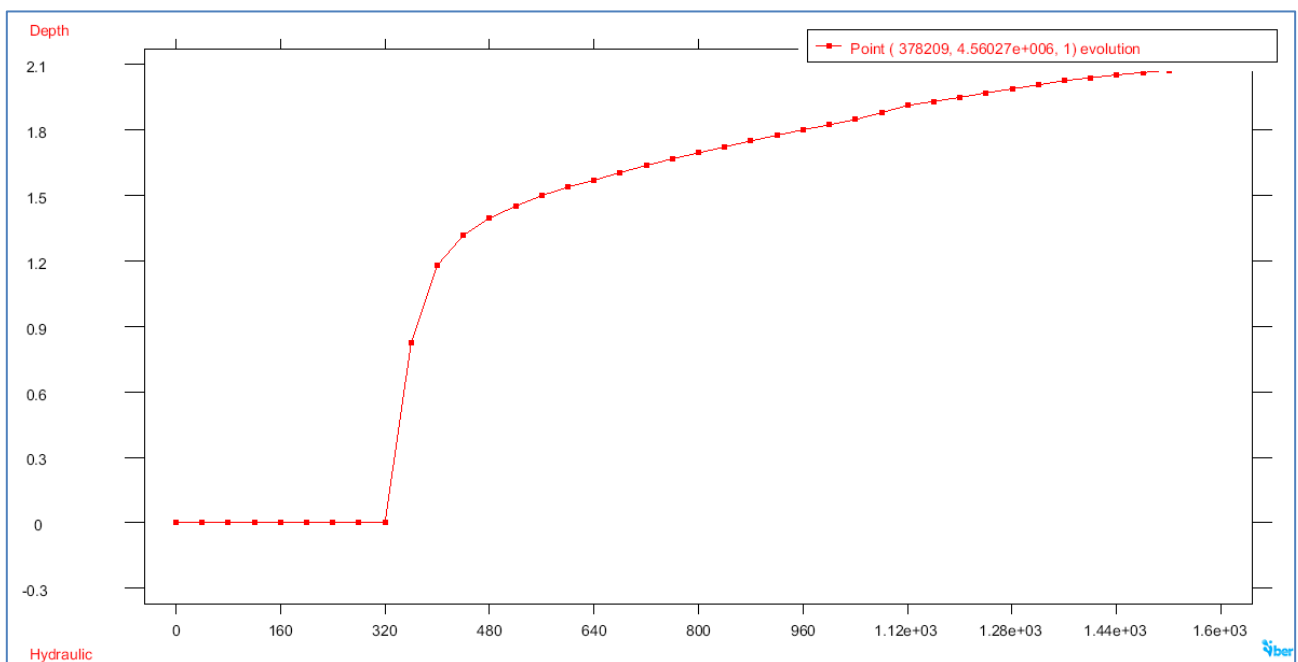


Figura 57. Grafica del calado del punto estudiado en función del tiempo. Generada en Iber

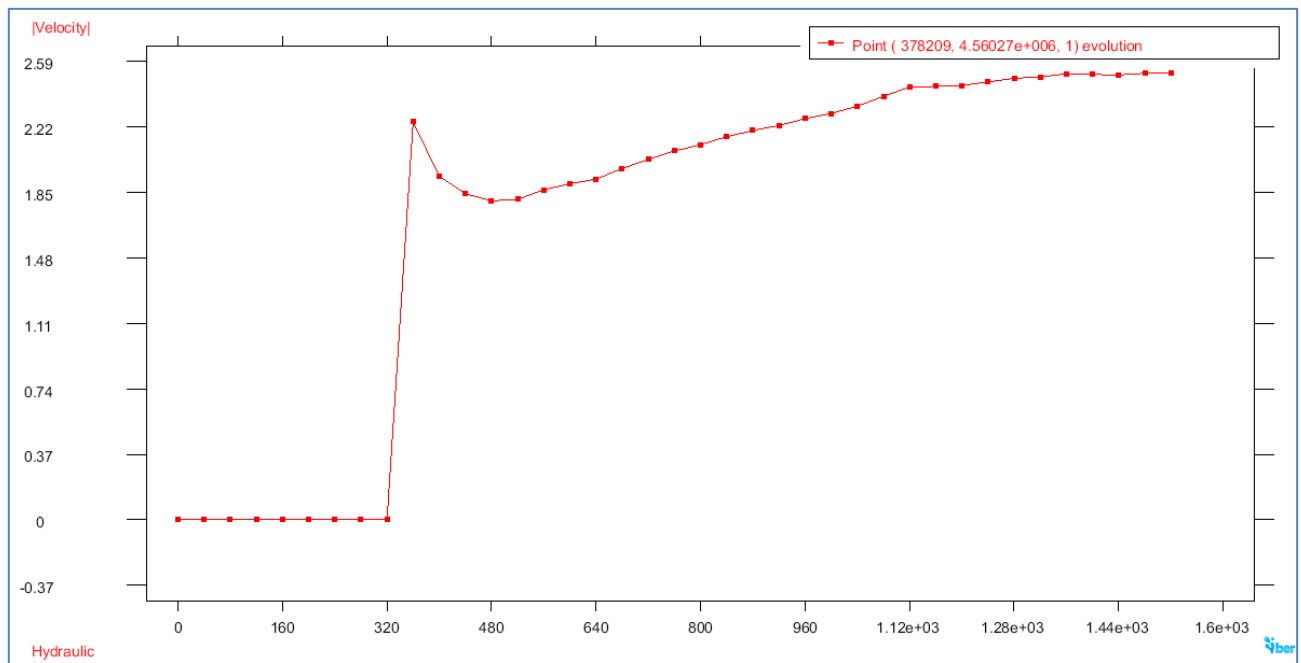


Figura 58. Grafica del calado del punto estudiado en función del tiempo. Generada en Iber

6.7.3 CONCLUSIÓN PARCIAL

En los primeros análisis la cota del punto era $Z = 1,90804$ m y en este análisis como hemos cambiado el terreno y realizado una zanja bajo la carretera, el punto tiene una cota $Z = 1$ m.

En el grafico de calado se debe tener en cuenta que la cota 0 se corresponde al nivel de la zanja, mientras que el nivel de la carretera es la cota 0,9 m, por lo tanto el calado desde la zanja al pasar 1500 segundos es de 2,1 m y el calado desde el nivel de la carretera es de 1,2 m.

Comparando este resultado con el de control, la cota se redujo un 28,5%.

La velocidad se ha reducido bastante, presenta un valor de 2,59 m/s lo cual indica que se reduce 27,4%.

7. CONCLUSION FINAL DEL TRABAJO

TABLA COMPARATIVA

ESTADO RIERA	CALADO m	VELOCIDAD m/s	REDUCCION CALADO %	REDUCCION VELOCIDAD %
ACTUAL (CONTROL)	1,68	3,57		
1ª ALTERNATIVA	1,54	3,57	8%	0%
2ª ALTERNATIVA	1,33	3,01	21%	15,6%
3ª ALTERNATIVA	1,41	2,94	16%	17,6%
4ª ALTERNATIVA	1,2	2,59	28,5%	27,4%

Según la tabla comparativa se puede afirmar que la cuarta alternativa es la que mejores resultados presenta; el calado y la velocidad del agua se reducen casi un 30%, además se puede afirmar que el hecho de habilitar el cauce natural no desarrolla nuevos problemas en otro punto de la carretera.

La principal causa de que el calado se reduzca tanto es que gran parte del agua se desborda al cauce natural como si se tratara de un desagüe, esto provoca un gran alivio a la riera.

La zanja es una ayuda adicional que disminuye aun más el calado y la velocidad de agua en el punto sobre la carretera, pero como se ha indicando anteriormente la clave de tan buenos resultados es la habilitación del cauce natural.

Estos resultados no serán tan buenos como los que se obtendrían con la creación de un puente. Pero teniendo en cuenta la inversión de dinero para crear uno, el impacto ambiental que causaría, los periodos de inundación que no son duraderos y suceden en pocas ocasiones al año. Si se tuvieran en cuenta estas razones si se podría decir que estos resultados son muy buenos.

INTRODUCCIÓN

Las imágenes que aparecen a continuación han sido efectuadas en la visita a la zona de estudio, realizada el domingo 25 de marzo del 2012.

UBICACIÓN DE LAS IMÁGENES

La siguiente imagen describe cada punto en el que se han realizado 3 fotografías, una central y dos laterales en cada zona; excepto en la zona 11 que se realizaron 2 fotografías desde el paseo marítimo de Sant Salvador.



ZONA 1



ZONA 2



ZONA 3



ZONA 4



ZONA 5



ZONA 6



ZONA 7



ZONA 8



ZONA 9



ZONA 10



ZONA 11



INTRODUCCIÓN

Las siguientes tablas muestran las coordenadas de cada punto que hay que conseguir para dejar el terreno igual a lo que indica cada alternativa.

PRIMERA ALTERNATIVA

La primera alternativa no presenta tabla, ya que en esta no existe modificación del terreno.

SEGUNDA ALTERNATIVA

PUNTO	X	Y	Z	PUNTO	X	Y	Z
1	378517.045	4560334.7	2.01	40	378438.279	4560456.2	2.793
2	378520.628	4560335.76	1.835	41	378262.648	4560486.2	3.235
3	378525.287	4560337.13	1.66	42	378266.23	4560487.26	3.06
4	378528.762	4560338.15	1.485	43	378270.89	4560488.63	2.885
5	378533.443	4560339.53	1.31	44	378274.365	4560489.65	2.71
6	378559.671	4560347.25	1.31	45	378279.045	4560491.03	2.535
7	378584.317	4560353.88	1.31	46	378305.273	4560498.75	2.535
8	378588.29	4560354.95	1.485	47	378329.919	4560505.38	2.535
9	378592.74	4560356.14	1.66	48	378333.893	4560506.45	2.71
10	378597.572	4560357.44	1.835	49	378338.343	4560507.64	2.885
11	378603.086	4560358.93	2.01	50	378343.175	4560508.94	3.06
12	378439.083	4560382.7	2.385	51	378348.688	4560510.43	3.235
13	378442.666	4560383.76	2.21	52	378777.639	4560253.12	1.19
14	378447.325	4560385.13	2.035	53	378723.714	4560285.5	1.47852091
15	378450.8	4560386.15	1.86	54	378669.219	4560318.23	1.98
16	378455.481	4560387.53	1.685	55	378662.379	4560322.34	1.98
17	378481.709	4560395.25	1.685	56	378600.356	4560359.59	2.13854018
18	378506.355	4560401.88	1.685	57	378520.566	4560407.51	2.56544814
19	378510.328	4560402.95	1.86	58	378436.091	4560458.25	3.01743002
20	378514.779	4560404.15	2.035	59	378349.588	4560510.2	3.48025524
21	378519.61	4560405.44	2.21	60	378226.738	4560583.99	4.13755861
22	378525.124	4560406.93	2.385	61	378065.547	4560680.8	5
23	378646.481	4560263.5	1.063	62	378685.194	4560231.95	1.19
24	378649.956	4560264.53	0.888	63	378097.772	4560580.85	5
25	378654.637	4560265.9	0.713	64	378151.551	4560565.4	3.1

26	378680.865	4560273.63	0.713	65	378177.779	4560573.12	3.1
27	378705.511	4560280.25	0.713	66	378202.425	4560579.75	3.1
28	378709.484	4560281.32	0.888	67	378689.575	4560233.91	1.015
29	378713.935	4560282.52	1.063	68	378100.674	4560583.74	4.825
30	378352.238	4560431.97	2.793	69	378086.137	4560661.15	4.825
31	378355.821	4560433.03	2.618	70	378770.827	4560252.66	1.015
32	378360.48	4560434.4	2.443	71	378100.344	4560588.71	4.65
33	378363.955	4560435.42	2.268	72	378694.178	4560235.17	0.84
34	378368.636	4560436.8	2.093	73	378763.471	4560253.1	0.84
35	378394.864	4560444.52	2.093	74	378088.23	4560653.74	4.65
36	378419.51	4560451.15	2.093	75	378101.798	4560594.62	4.3
37	378423.483	4560452.22	2.268	76	378701.204	4560236.24	0.49
38	378427.934	4560453.41	2.443	77	378754.507	4560250.29	0.49
39	378432.765	4560454.71	2.618	78	378089.926	4560644.82	4.3

TERCERA ALTERNATIVA

PUNTOS	X	Y	Z	PUNTOS	X	Y	Z
0	378197.972	4560299.11	1	27	378214.526	4560231.9	1.8
1	378224.299	4560233.69	1	28	378216.47	4560232.2	1.4
2	378212.598	4560299.64	1.9	29	378217.817	4560232.5	1
3	378238.393	4560238.75	1.9	30	378224.099	4560233.84	1
4	378208.875	4560299.91	1.8	31	378232.625	4560236.39	1
5	378235.202	4560237.42	1.8	32	378233.672	4560236.83	1.4
6	378207.279	4560299.64	1.4	33	378235.019	4560237.73	1.8
7	378233.872	4560236.88	1.4	34	378238.16	4560239.08	1.9
8	378205.152	4560299.91	1	35	378216.321	4560221.58	1.9
9	378232.808	4560236.09	1	36	378218.864	4560221.73	1.8
10	378192.121	4560299.11	1	37	378220.808	4560222.03	1.4
11	378217.65	4560232.36	1	38	378222.154	4560222.32	1
12	378191.323	4560298.05	1.4	39	378228.437	4560223.67	1
13	378216.321	4560232.1	1.4	40	378236.963	4560226.21	1
14	378189.994	4560297.78	1.8	41	378238.01	4560226.66	1.4
15	378214.459	4560231.83	1.8	42	378239.357	4560227.56	1.8
16	378187.6	4560295.92	1.9	43	378242.498	4560228.91	1.9
17	378212.066	4560231.57	1.9	44	378184.16	4560299.21	1.9
18	378187.335	4560295.92	1.9	45	378186.703	4560299.36	1.8
19	378190.455	4560296.47	1.8	46	378188.648	4560299.66	1.4
20	378191.788	4560296.71	1.4	47	378189.994	4560299.96	1
21	378192.922	4560296.91	1	48	378196.276	4560301.31	1

22	378205.519	4560299.14	1	49	378204.803	4560303.85	1
23	378207.303	4560299.46	1.4	50	378205.85	4560304.3	1.4
24	378208.929	4560299.74	1.8	51	378207.196	4560305.19	1.8
25	378212.864	4560300.44	1.9	52	378210.337	4560306.54	1.9
26	378211.983	4560231.75	1.9				

CUARTA ALTERNATIVA

La cuarta alternativa es la combinación de la segunda y tercera alternativa.

BIBLOGRAFIA

- **Recomendaciones técnicas para los estudios de inundabilidad de ámbito local.**
Agencia Catalana del agua **MARZO 2003**
- **Plan especial de emergencias para inundaciones INUNCAT.**
2010
- **Delimitación de zonas inundables para la redacción del inuncat.**
DICIEMBRE 2002
- **Domingo Mullet J. (2008), Exposición fotográfica de la riera de la Bisbal, Archivo Comarcal del Baix Penedès, El Vendrell.**
- **El Vendrellense (1893), Diario comarcal del Baix Penedès, Hemeroteca Municipal del Vendrell.**
- **El Baix Penades (1913), Diario comarcal del Baix Penedès, Hemeroteca Municipal del Vendrell.**

PAGINAS RECOMENDADAS

- <http://www.flumen.upc.es/iber/Tutorial/Tutorial.html>
- <http://www.elvendrell.net/>
- <http://www.icc.es>
- <http://www.meteocat.com>